

Rec'd PCT/PTO 24 JUN 2005

10/540758

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP 2004/000409

10.02.04

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 1月24日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-015906

[ST. 10/C]: [JP 2003-015906]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社村田製作所

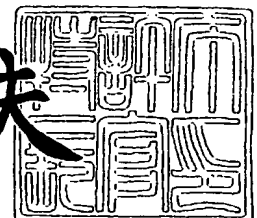
RECEIVED	
01 APR 2004	
WIPO	PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 3月18日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3021757

【書類名】 特許願

【整理番号】 20020571

【提出日】 平成15年 1月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01P 7/10

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号  
株式会社村田製作所内

【氏名】 和田 貴也

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号  
株式会社村田製作所内

【氏名】 服部 準

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100084548

【弁理士】

【氏名又は名称】 小森 久夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013550

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004875

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多重モード誘電体共振器装置、誘電体フィルタ、複合誘電体フィルタおよび通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 キャビティ内に誘電体コアを配置し、第1方向に電界が向く第1の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モード、第1方向に直交する第2方向に電界が向く第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モード、第1方向に垂直な面に沿って電界が回る第1の $TE_{01\delta}$ モード、第2方向に垂直な面に沿って電界が回る第2の $TE_{01\delta}$ モードがそれぞれ生じる多重モード誘電体共振器装置において、第1・第2の $TE_{01\delta}$ モードによる $TE$ 結合モードの偶モードと奇モードの電束が通るそれぞれの誘電体コア部分の実効誘電率に差を持たせ、且つ第1・第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モードによる $TM$ 結合モードの偶モードと奇モードの電束が通るそれぞれの誘電体コア部分の実効誘電率を略等しくしたことを特徴とする多重モード誘電体共振器装置。

【請求項2】 前記 $TE$ 結合モードの偶モードと奇モードについて、電束が通る誘電体コア部分の膨出量または陥没量に差をもたせ、且つ該膨出量または陥没量の差による、前記 $TM$ 結合モードの偶モードと奇モードの周波数変化を打ち消す陥没部または膨出部を前記 $TE$ 結合モードの電束密度が相対的に低い誘電体コア部分に設けた請求項1に記載の多重モード誘電体共振器装置。

【請求項3】 前記第1の $TE_{01\delta}$ モードと第2の $TE_{01\delta}$ モードの電束密度分布の中心を $z$ 軸方向にそれぞれずらせて、第1・第2の $TE_{01\delta}$ モードを第1・第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モードにそれぞれ結合させることによって、第1の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モード、第1の $TE_{01\delta}$ モード、第2の $TE_{01\delta}$ モード、第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モードが順に結合した4段の共振器を備えた多重モード誘電体共振器装置。

【請求項4】 請求項3に記載の多重モード誘電体共振器装置と、該多重モード誘電体共振器装置に構成した前記4段の共振器のうち初段および終段の共振器にそれぞれ外部結合する外部結合手段とを備えてなる誘電体フィルタ。

【請求項5】 請求項3に記載の誘電体フィルタを2組備えるとともに、そ

れぞれの誘電体フィルタの一方の外部結合手段を共用した複合誘電体フィルタ。

【請求項 6】 請求項 4 に記載の誘電体フィルタ、または請求項 5 に記載の複合誘電体フィルタを高周波回路部に備えた通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、多重モードで動作する誘電体共振器装置、それを備えた誘電体フィルタ、複合誘電体フィルタおよび通信装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、キャビティ内に誘電体コアを配置し、複数の TM モードおよび TE モードを利用するようにした多重モード誘電体共振器装置が特許文献 1 に開示されている。

特許文献 1 の多重モード誘電体共振器装置は、誘電体コアの形状によって所定のモード間の結合をとる場合、結合すべきモードの電界の集中する部分に溝または孔を設けて電磁界に対する摂動をかけて共振モード間のエネルギーをやり取りさせることによって結合をとるようにしている。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 11-145704 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、従来の多重モード誘電体共振器装置においては、TE モードと TE モードとの間で結合をとる場合、単に結合させるべき 2 つのモードの電界の集中する部分にのみ着目して誘電体コアの形状を定めても、それと同時に TM モードと TM モードとの間でも結合が生じてしまうという問題があった。

【0005】

例えば、 $x$ 、 $y$ 、 $z$  直交座標系で、 $x$  軸に垂直な面に沿って電界が回る TE  $0_{1\delta-x}$  モードと、 $y$  軸に垂直な面に沿って電界が回る TE  $0_{1\delta-y}$  モードを結合

させる場合、両モードの結合モードである偶モードと奇モードの電束が通る部分に溝や孔を設けて偶モードと奇モードの共振周波数に差を持たせ、そのことによって上記2つのTEモード同士を結合させることができる。

#### 【0006】

しかし上記溝や孔はx方向に電界が向くTM01 $\delta$ -xモードと、y方向に電界が向くTM01 $\delta$ -yモードとの間にも摂動を生じさせて、この2つのTMモード同士も結合してしまう。すなわちTMモードとTEモードの両方を利用する多重モード誘電体共振器においては、TEモード-TEモード間の結合を行う場合に、TMモード-TMモード間の結合も同時に生じてしまい、TEモード-TEモード間の結合量を独立して定めることが困難であった。

#### 【0007】

また、TEモード-TEモード間の結合をとるために誘電体コアに結合用の溝を設けるか一部を突出させる形状にすると、その影響により電束密度分布の形状が乱れて、基本モードの周波数が上昇または下降してしまう。そのため、複数の共振モードを順に結合させてフィルタを構成した場合のそのフィルタ特性の調整の難易度が増すという問題があった。

#### 【0008】

そこで、この発明の目的は、電界の回る面が直交関係にある2つのTEモード同士を、その同じ直交関係にある向きにそれぞれ電界が向く2つのTMモード間の結合とは独立して結合させるようにした多重モード誘電体共振器装置を提供することにある。

#### 【0009】

また、この発明の他の目的は、上記関係のTMモード同士の結合を回避してTEモード同士の結合を行い、一方のTMモード-TEモード間の結合および他方のTMモード-TEモード間の結合を行って、TMモード-TEモード-TEモード-TMモードの4段の共振器を備えた多重モード誘電体共振器装置、更にそれを備えた誘電体フィルタ、複合誘電体フィルタおよび通信装置を提供することにある。

#### 【0010】

**【課題を解決するための手段】**

この発明は、キャビティ内に誘電体コアを配置し、第1方向に電界が向く第1のTM01 $\delta$ またはTM011モード、第1方向に直交する第2方向に電界が向く第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード、第1方向に垂直な面に沿って電界が回る第1のTE01 $\delta$ モード、第2方向に垂直な面に沿って電界が回る第2のTE01 $\delta$ モードがそれぞれ生じる多重モード誘電体共振器装置において、

第1・第2のTE01 $\delta$ モードによるTE結合モードの偶モードと奇モードの電束が通るそれぞれの誘電体コア部分の実効誘電率に差を持たせ、且つ第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モードによるTM結合モードの偶モードと奇モードの電束が通るそれぞれの誘電体コア部分の実効誘電率を略等しくしたことを特徴としている。

**【0011】**

このことにより第1・第2のTE01 $\delta$ モードによる2つの結合モードである偶モードと奇モードの周波数に差が生じて、第1・第2のTE01 $\delta$ モードが結合し、且つ第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モードによる2つの結合モードである偶モードと奇モードの周波数に差が生じなくて、第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード同士が結合しない。すなわち第1・第2のTE01 $\delta$ モード同士の結合を独立して定められるようになる。

**【0012】**

また、この発明は、前記TE結合モードの偶モードと奇モードについて、電束が通る誘電体コア部分の膨出量または陥没量に差をもたせ、且つ該膨出量または陥没量の差による、前記TM結合モードの偶モードと奇モードの周波数変化を打ち消す陥没部または膨出部を前記TE結合モードの電束密度が相対的に低い誘電体コア部分に設けたことを特徴としている。

**【0013】**

この構造により、TE結合モードの電束密度の高い位置に設けた誘電体コアの膨出量または陥没量の差によって生じるTM結合モードの偶モードと奇モードの周波数変化が打ち消されて、第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード同士の結合が回避できる。

## 【0014】

また、この発明は、前記第1のTE01 $\delta$ モードと第2のTE01 $\delta$ モードの電束密度分布の中心をz軸方向にそれぞれずらせて、第1・第2のTE01 $\delta$ モードを第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モードにそれぞれ結合させることによって、第1のTM01 $\delta$ またはTM011モード、第1のTE01 $\delta$ モード、第2のTE01 $\delta$ モード、第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード4段の共振器を備えたことを特徴としている。

## 【0015】

このように第1・第2のTE01 $\delta$ モードの電束密度分布の中心をz軸方向にそれぞれずらせることによって、第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モードと第1・第2のTE01 $\delta$ モードとがそれぞれ結合する。その際、第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード同士では結合が生じないので、第1のTM01 $\delta$ またはTM011モード → 第1のTE01 $\delta$ モード → 第2のTE01 $\delta$ モード → 第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード、が順に結合した4段の共振器として作用する。

## 【0016】

また、この発明は、上記4段の共振器として作用する多重モード誘電体共振器装置と、その4段の共振器のうち初段および終段の共振器にそれぞれ外部結合する外部結合手段とを備えて誘電体フィルタを構成したことを特徴としている。

これにより、4段の共振器を備えた帯域通過特性を備えたフィルタとして作用する。

## 【0017】

また、この発明は、上記誘電体フィルタを2組備えるとともに、それぞれの誘電体フィルタの一方の外部結合手段を共用して複合誘電体フィルタを構成したことを特徴としている。

例えば一方のフィルタを送信フィルタ、他方のフィルタを受信フィルタ、共用した外部結合手段をアンテナポートとして用いることによって、送受共用器として作用する。

## 【0018】

また、この発明は、上記誘電体フィルタまたは複合誘電体フィルタを高周波回路部に備えて通信装置を構成することを特徴としている。

#### 【0019】

##### 【発明の実施の形態】

第1の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置について図1～図10を参照して説明する。

この第1の実施形態を含む各実施形態で示す装置に設ける誘電体コアは、装置の使用周波数帯域に応じてその材料を選定する。例えば、チタン酸ジルコニウム－チタン酸錫系化合物、希土類チタン酸バリウム系化合物、チタン酸バリウム系化合物、亜鉛タンタル酸バリウム系化合物、マグネシウムタンタル酸バリウム系化合物、アルミニウム酸希土類－チタン酸カルシウム系化合物、チタン酸マグネシウム－チタン酸カルシウム系化合物からなる群より選択する。このときの比誘電率は20～130の任意の値をとる。この第1の実施形態およびそれ以降に示すその他の実施形態では、比誘電率が38のチタン酸ジルコニウム－チタン酸錫系化合物を用いた。

#### 【0020】

図1はキャビティ内に配置する誘電体コアと、利用する4つの共振モードの形を表す斜視図である。図中実線の矢印は電気力線、破線の矢印は磁力線をそれぞれ表している。(A)は第1の $TM_{01\delta}$ モードである $TM_{01\delta-x}$ モード、(B)は第1の $TE_{01\delta}$ モードである $TE_{01\delta-y}$ モード、(C)は第2の $TE_{01\delta}$ モードである $TE_{01\delta-x}$ モード、(D)は第2の $TM_{01\delta}$ モードである $TM_{01\delta-y}$ モードについて、それぞれ電気力線および磁力線によって電磁界分布を表している。

#### 【0021】

また、図2はキャビティも含めて4つのモードについて電束密度分布を示している。ここで(A)はz軸方向から見た図、(B)はy軸方向から見た図である。また実線の矢印は電気力線を表している。このように誘電体コア1を略立方体形状のキャビティ2の内部に配置している。

#### 【0022】



TM01 $\delta$ -xモードはx方向に電界が向き、y-z面に平行な面に沿って磁界が回る。このTM01 $\delta$ -xモードは、主として誘電体コアのx方向部分1x部分に電界が集中する。TM01 $\delta$ -yモードはTM01 $\delta$ -xモードをz軸を中心として90°回転させた関係にある。すなわちy方向に電界が向き、それに垂直な面であるx-z面に平行な面に沿って磁界が回る。このTM01 $\delta$ -yモードは、主として誘電体コアのy方向部分1y部分に電界が集中する。

#### 【0023】

TE01 $\delta$ -yモードはy方向に垂直な面沿って電界が回る。このTE01 $\delta$ -yモードは、主として誘電体コアのx方向部分1x部分に電界が集中する。TE01 $\delta$ -xモードはTE01 $\delta$ -yモードをz軸を中心として90°回転させた関係にある。すなわちx方向に垂直な面沿って電界が回る。このTE01 $\delta$ -xモードは、主として誘電体コアのy方向部分1y部分に電界が集中する。

#### 【0024】

誘電体コア1のP<sub>m</sub>で示す部分は誘電体コア1からキャビティ2の内面方向へ突出させた突出部である。この誘電体コア突出部P<sub>m</sub>の端面とキャビティ2の内面との間に生じる容量部分に主としてTMモードの電束が通ることになる。すなわちこの誘電体コア突出部P<sub>m</sub>の端面とキャビティ2の内面との間に生じる容量によってTMモードの共振周波数を定めるとともに、誘電体コア1内部を通るTMモードの電束の独立性を高めている。

#### 【0025】

後に詳述するように、TE01 $\delta$ -yモードとTE01 $\delta$ -xモードとを結合させようとする、それに符合してTM01 $\delta$ -xモードとTM01 $\delta$ -yモード同士の結合も同時に生じてしまう。

#### 【0026】

図4は上記4つの共振モードについての電束密度をシミュレーションによって求めた例を示している。このようにTM01 $\delta$ -xモードは誘電体コアのx方向部分1xの一方の端部に近接するキャビティの内面から他方の端面に近接するキャビティの内面にかけて電束がはしる。

#### 【0027】

図3は、別の誘電体コア1を用いた例である。ここで(A)はz軸方向から見た図、(B)はy軸方向から見た図である。図2および図4に示した例では、誘電体コア1の四方の端面をキャビティ2の内面から離間させて $TM_{01\delta-x}$ モードおよび $TM_{01\delta-y}$ モードを生じさせたが、この図3に示すように、誘電体コア1の四方の端面をそれぞれキャビティ2の内面に当接させれば $TM_{011x}$ モードおよび $TM_{011y}$ モードとして作用させることができる。

#### 【0028】

図5は上記4つの共振モードの結合順を示している。この例では、 $TM_{01\delta-x}$ モードと $TE_{01\delta-y}$ モードとを結合させ、 $TE_{01\delta-y}$ モードと $TE_{01\delta-x}$ モードとを結合させ、更に $TE_{01\delta-x}$ モードと $TE_{01\delta-y}$ モードとを結合させる。また、これと同時に $TM_{01\delta-x}$ モードと $TM_{01\delta-y}$ モードとの結合が生じないようにする。

#### 【0029】

次に、 $TM_{01\delta-x}$ モードと $TM_{01\delta-y}$ モードとの結合を生じさせることなく $TE_{01\delta-y}$ モードと $TE_{01\delta-x}$ モードとを結合させるための構造を図6に示す。ここで(D)はy軸方向を見た正面図、(A)はそのA-A部分の断面図、(B)はB-B部分の断面図、(C)はC-C部分の断面図である。誘電体コア1は基本的に三層構造を成し、(A)は上層 $L_a$ 、(B)は中層 $L_b$ 、(C)は下層 $L_c$ のそれぞれの層部分での断面図である。上層 $L_a$ 部分では(A)に示すように $x+y$ 方向( $x$ 方向を0度としたときの45度方向)に、および $x-y$ 方向( $x$ 方向を0度としたときの-135度方向)に膨出する誘電体コアの膨出部 $Pe_1$ を、誘電体コア1の $x$ 方向部分 $1x$ と $y$ 方向部分 $1y$ との交差部に形成している。また下層 $L_c$ 部分には(C)に示すように同方向に膨出部 $Pe_2$ を形成している。中層 $L_b$ 部分には(B)に示すように $y-x$ 方向( $x$ 方向を0度としたときの135度方向)および $x-y$ 方向( $x$ 方向を0度としたときの-45度方向)にそれぞれ膨出する膨出部 $Pc$ を形成している。

#### 【0030】

図7の(A)、(B)は、図6に示した構造の誘電体コア1を用いた時の $TE_{01\delta-x}$ モードと $TE_{01\delta-y}$ モードによる2つの結合モード(TE結合モード

）の電束密度分布を示している。図7の（A）は偶モードの電束密度分布、（B）は奇モードの電束密度分布をそれぞれ示している。この場合、誘電体コアの膨出部P e 1は偶モードの電束が通る部分の実効誘電率を高めるように作用する。このことは図6に示した下層の膨出部P e 2が与える作用についても当てはまる。その結果、偶モードの共振周波数が低下し、奇モードの共振周波数とに差が生じてTE 0 1  $\delta$ -xモードとTE 0 1  $\delta$ -yモードとが結合することになる。

#### 【0031】

一方、図7の（C）はTM 0 1  $\delta$ -xモードとTM 0 1  $\delta$ -yモードによる2つの結合モード（TM結合モード）の電束密度分布を示している。（C）はその偶モードの電束密度分布、（D）は奇モードの電束密度分布をそれぞれ示している。ここで、膨出部P e 1は奇モードの電束が通る部分の実効誘電率を高めるように作用する。このことは下層に設けた膨出部P e 2が与える作用についても当てはまる。そのため奇モードの共振周波数が低下し、偶モードの共振周波数とに差が生じて、TM 0 1  $\delta$ -xモードとTM 0 1  $\delta$ -yモードとが結合することになる。

#### 【0032】

ところが、図6に示した誘電体コア1の中層部分には膨出部P cを設けている。この膨出部P cは、上層と下層の膨出部P e 1, P e 2の膨出方向に対して、z軸を中心として90°異なった方向に膨出させている。この膨出部P cは図7の（C）,（D）に示した場合とは逆に、TM結合モードの偶モードの共振周波数を低下させる方向に作用する。その結果、膨出部P e 1, P e 2およびP cの量を定めることによって、TM結合モードの偶モードと奇モードの共振周波数は等しくすることができる。すなわちTM 0 1  $\delta$ -xモードとTM 0 1  $\delta$ -yモードとの結合を抑制できる。上記誘電体コア1の膨出部P cはTE結合モードに対してもある程度影響を与えるが、TE結合モードの電束密度が誘電体コアの中層部より上層部および下層部で相対的に高いため、TM結合モードに対する影響度より低い。したがって上記膨出部P cはTE 0 1  $\delta$ -xモードとTE 0 1  $\delta$ -yモードとの結合量に殆ど影響を与えない。

#### 【0033】

この作用を利用して、誘電体コア1の膨出部P e 1, P e 2およびP cの膨出

量を定めることによって、 $TM_{01\delta-x}$ モード- $TM_{01\delta-y}$ モード間の結合とは独立して $TE_{01\delta-x}$ モード- $TE_{01\delta-y}$ モード間の結合量を定めることができる。

#### 【0034】

ここで、誘電体コア1のx方向部分とy方向部分の交差部に設ける膨出部の膨出量を変化させた時の各共振モードの共振周波数および結合係数の変化の例を図8・図9に示す。図8の(C)は誘電体コア1の上層・中層・下層の何れの部分においても図8の(A)，(B)に示すように、同一方向に誘電体コアの膨出部Pを形成し、その膨出量を変化させた時の例である。ここでKMは $TM_{01\delta-x}$ モードと $TM_{01\delta-y}$ モード間の結合係数、KEは $TE_{01\delta-x}$ モードと $TE_{01\delta-y}$ モード間の結合係数、 $TE_o$ はTE結合モードの奇モードの周波数、 $TE_e$ はTE結合モードの偶モードの周波数、 $TM_o$ はTM結合モードの奇モードの周波数、 $TMe$ はTM結合モードの偶モードの周波数をそれぞれ示している。

#### 【0035】

このように膨出部Pの長さ（膨出量を辺の長さで表している）を大きくするに伴って、TEモード同士の結合量が増し、同時にTMモード同士の結合量も増す。

#### 【0036】

図8の(D)は誘電体コア1の上層部と下層部において図8の(A)，(B)に示すように膨出部Pを同方向に膨出させるとともに、KMが略0となるように誘電体コア1の中層部において $90^\circ$ 向きの異なった方向に膨出部Pを形成した場合の特性を示している。(C)では誘電体コア1の膨出部Pの膨出量を増すとともに $TE_x$ ， $TE_y$ ， $TM_x$ ， $TM_y$ の何れもその共振周波数が低下するのに対し、(D)では $TM_o$ と $TMe$ の周波数は殆ど一定となる。すなわち $TM_{01\delta-x}$ モードと $TM_{01\delta-y}$ モードとは結合しない。

#### 【0037】

図9に示す例は、誘電体コア1を(A)から(B)に示すようにz軸（紙面に垂直な向き）を中心とする誘電体コア1の $180^\circ$ 回転対称位置に膨出部Pを設けるとともに、上記z軸を中心として $90^\circ$ 回転位置に陥没部Sを設けた場合に

ついて示している。図9の(C)は誘電体コア1の上層・中層・下層の何れにおいても同一方向において膨出部Pと陥没部Sを設けた場合、(D)は誘電体コア1の上層部と下層部において膨出部Pを同方向に膨出させ、陥没部Sを同方向に陥没させるとともに、誘電体コア1の中層部において $90^\circ$ 向きの異なった方向に膨出部Pと陥没部Sを設けるとともに、KMが略0となるように中層部における膨出部Pの膨出量と、陥没部Sの陥没量を定めた場合の特性をそれぞれ示している。

### 【0038】

このように膨出部とともに陥没部を形成することによって、(D)に示すようにKEを大きくすることができ、しかも $TE_{01\delta}$ が上昇するに伴い $TE_e$ は下降する。従って基本モード( $TE_{01\delta-x}$ モードおよび $TE_{01\delta-y}$ モード)の周波数をそれぞれ略一定にしたまま両モードの結合係数を定めることができる。このため共振周波数とは独立して結合係数のみを調整することが容易となる。

### 【0039】

図10は上記4つの共振モードを利用して4段の共振器からなる誘電体フィルタを構成した例である。(A)はキャビティの上面を取り除いた状態での平面図、(B)はキャビティ2の手前の壁面を取り除いたものとして表した正面図である。図10において誘電体コア1はキャビティ2の底面中央部に対して低誘電率の支持台3を介して接着固定している。これにより誘電体コア1をキャビティ2の略中央部に配置している。キャビティ2には同軸コネクタ5a, 5bを取り付けていて、それらの中心導体を入出力プローブ4a, 4bとしてキャビティ2の内部へ突出させている。プローブ4aは、誘電体コア1の主にx方向に電束が通る $TM_{01\delta-x}$ モードと電界結合する。プローブ4bは、誘電体コア1の主にy方向に電束が通る $TM_{01\delta-y}$ モードと電界結合する。

### 【0040】

図5に示した $TM_{01\delta-x}$ モードと $TE_{01\delta-y}$ モードとの結合、および $TE_{01\delta-x}$ モードと $TM_{01\delta-y}$ モードとの結合は、誘電体コア1のTMモードの電束密度の高い中層部Lbの高さを中央の高さから上方向または下方向にずらせることによって行う。すなわち $TM_{01\delta-x}$ モードと $TM_{01\delta-y}$ モードの上下

方向での電界強度のバランスが崩れて  $TM_{01\delta-x}$  モードから  $TE_{01\delta-y}$  モードへエネルギーが移り、両モード間で結合が生じる。同様に  $TE_{01\delta-x}$  モードから  $TM_{01\delta-y}$  モードへエネルギーが移り、両モード間で結合が生じる。

#### 【0041】

このようにして4段の共振器を備えた帯域通過特性を有する誘電体フィルタとして作用する。

#### 【0042】

なお、図10に示したプローブ4a, 4bの高さ方向(z軸方向)の位置を誘電体コア1の中央高さから上下いずれかの方向にずらせることによっても、 $TM_{01\delta-x}$  モード、 $TM_{01\delta-y}$  モードの電束密度の分布中心を上下方向にずらせることができるので、それによっても  $TE_{01\delta-y}$  モード、 $TE_{01\delta-x}$  モードとの結合をとることができる。

#### 【0043】

次に、第2の実施形態に係る誘電体フィルタの構造を図11に示す。ここでは誘電体コア1のTE結合用膨出部Pe1, Pe2としてフィレット形状としている。またTM結合抑制用の膨出部Pcについてもフィレット形状にしている。なお、積極的に膨出させない部分(Pe1, Pe2, Pcのz軸を中心とする90°回転位置)においてもフィレット形状にして、誘電体コア1にクラックが入りにくくしている。その他の部分については第1の実施形態に示したものと同様である。従って第1の実施形態の場合と同様に4段の共振器から成る帯域通過特性を備えたフィルタとして作用する。

#### 【0044】

図12・図13は第3の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図である。図12の(A)はキャビティ2内部の誘電体コア1の平面図、(B)は同誘電体コア1の正面図である。この誘電体コア1は、丁度図10に示した誘電体コア1の中層部Lbを最も下方へずらせて下層部Lcを無くし、上層部Laと下層部Lb'の2層構造にしたものに等しい。これにともない、プローブ4a, 4bも誘電体コア1の下層部Lb'の中央部に配置している。このような2層構造としても、TE結合用膨出部Peの膨出に伴って  $TE_{01\delta-x}$  モードと  $TE_{01\delta-y}$

モードとを結合させることができ、TM結合抑制用膨出部P<sub>c</sub>の膨出によって、上記膨出部P<sub>e</sub>によるTM01 $\delta$ -xモードとTM01 $\delta$ -yモードとの間の結合を抑制することができる。従って、この場合も4段の共振器から成る帯域通過特性を有するフィルタとして作用する。

#### 【0045】

図12に示した例では、誘電体コア1にTM01 $\delta$ モード用に突出部P<sub>m</sub>を設けたが、図13に示すようにこの誘電体コア突出部P<sub>m</sub>を設けなくても、TM01 $\delta$ モードの励振および外部結合をとることができる。その際、図13に示すように、プローブ4a、4b側に誘電体コア1に対向する平面部を設けることによって、誘電体コア1を通るTM01 $\delta$ モードの電束の誘電体コア1内部での独立性を高めることができる。

#### 【0046】

図14・図15は第4の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示している。何れの図においても(A)はキャビティ2内部での誘電体コア1の平面図、(B)はその正面図である。この第4の実施形態に係る誘電体フィルタで用いる誘電体コア1はその全体の外形が立方体形状を成し、その上層部L<sub>a</sub>に陥没部S<sub>e</sub>、下層部L<sub>b</sub>'に陥没部S<sub>c</sub>をそれぞれ形成している。誘電体コア1の上層部L<sub>a</sub>に形成した陥没部S<sub>e</sub>はTE結合モードの偶モードと奇モードの共振周波数に差を生じさせるので、この陥没部S<sub>e</sub>によってTE01 $\delta$ -xモードとTE01 $\delta$ -yモードとが結合する。また、下層部L<sub>b</sub>に形成した陥没部S<sub>c</sub>は上記陥没部S<sub>e</sub>の存在によるTM結合モードの偶モードと奇モードの周波数のずれを抑制するように作用する。したがって、陥没部S<sub>e</sub>とS<sub>c</sub>をバランスさせることによってTM01 $\delta$ -xモードとTM01 $\delta$ -yモードとの結合を抑制することができる。

#### 【0047】

図15に示す例は、図14において誘電体コア1に形成しているTM01 $\delta$ モード用の突出部P<sub>m</sub>を無くしたものである。このような誘電体コアを用いても、同様に4段の共振器が順に結合した帯域通過特性を有するフィルタとして作用する。

#### 【0048】

図16・図17は第5の実施形態に係る誘電体フィルタの構造を示す図である。この誘電体フィルタで用いる誘電体コア1は図14に示した誘電体コア1を丁度円柱形状にしたものに等しい。すなわち誘電体コア1は全体に略円柱形状を成し、上層部LaにTE結合用陥没部Seを形成し、下層部Lb'にTM結合抑制用陥没部Scを形成している。また図17は図16における誘電体コア突出部Pmを取り除いたものに等しい。このような形状によっても4段の共振器から成る帯域通過特性を有するフィルタとして作用する。

#### 【0049】

図18は第6の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図である。この例では、誘電体コア1は、その平面形状が十字型であり、その上層部LaにTE結合用陥没部Seを形成し、下層部Lb'にTM結合抑制用陥没部Scを形成している。陥没部SeはTE結合モードの偶モードと奇モードの共振周波数に差を生じさせるので、この陥没部SeによってTE01 $\delta$ -xモードとTE01 $\delta$ -yモードとが結合する。また、下層部Lbに形成した陥没部Scは、上記陥没部Seの存在によるTM結合モードの偶モードと奇モードの周波数のずれを抑制するように作用する。したがって、陥没部SeとScをバランスさせることによってTM01 $\delta$ -xモードとTM01 $\delta$ -yモードとの結合を抑制することができる。

このような誘電体コアを用いても、同様に4段の共振器が順に結合した帯域通過特性を有するフィルタとして作用する。

#### 【0050】

図19は第7の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図である。この例では、誘電体コア1の上層部にTE結合用孔Heを形成し、下層部にTM結合抑制用孔Hcをそれぞれ形成している。このようにTE結合モードの偶モードと奇モードの電束が通るそれぞれの部分の実効誘電率に差を持たせ、且つTM結合モードの偶モードと奇モードの電束が通るそれぞれの部分の実効誘電率を略等しくすることができ、それによってTM01 $\delta$ -xモードとTM01 $\delta$ -yモードとを結合させることなくTE01 $\delta$ -xモードとTE01 $\delta$ -yモードとを結合させることができる。

#### 【0051】



図20は第8の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図である。ここで用いる誘電体コア1は図12に示した誘電体コア1と同様である。ただしキャビティ2の内部において、誘電体コア1の向きをz軸を中心として45°回転させた状態に配置している。またそれに伴ってプローブ4a、プローブ4bを誘電体コアのx方向部分1xの端部付近に配置し、プローブ4bを誘電体コアのy方向部分1yの端部付近に配置している。但し、誘電体コアの1x、1yで示す部分はそれぞれx方向とy方向を向いていないが、図12に示した符号と対応させるために同符号を用いている。ここで誘電体コア1の主に1x部分に電束が通るTMモードを $TM_{01\delta}(x+y)$ 、誘電体コアの主に1y部分に電束が通るTMモードを $TM_{01\delta}(x-y)$ モードとし、更に1x部分に電界が回るTEモードを $TE_{01\delta}(x+y)$ モード、1y部分に電界が回るTEモードを $TE_{01\delta}(x-y)$ モードと呼ぶことができる。

#### 【0052】

TE結合用膨出部Peの膨出に伴って $TE_{01\delta}(x+y)$ モードと $TE_{01\delta}(x-y)$ モードとを結合させることができ、TM結合抑制用膨出部Pcの膨出によって、上記膨出部Peによる $TM_{01\delta}(x+y)$ モードと $TM_{01\delta}(x-y)$ モードとの間の結合を抑制することができる。従って、この場合も4段の共振器から成る帯域通過特性を有するフィルタとして作用する。

#### 【0053】

次に、第9の実施形態として複合誘電体フィルタの構成を図21に示す。ここでRtx、Rrxで示す部分に図20に示した誘電体フィルタをそれぞれ構成している。プローブ4tx、4rxは共振器Rtx、Rrxの一方の $TM_{01\delta}$ モードに電界結合する。またプローブ4antは共振器Rtx、Rrxの他方の $TM_{01\delta}$ モードにそれぞれ電界結合する。ここで、プローブ4antは、送信信号が受信フィルタ側へ回り込まないように、また、受信信号が送信フィルタ側へ回り込まないように、位相調整を行っている。ここで、同軸コネクタ5txを送信信号入力部、5rxを受信信号出力部、5antをアンテナ接続部とし、Rtxを送信フィルタ、Rrxを受信フィルタとして各共振モードの周波数を定めることによって、全体が送受共用器として作用する。

## 【0054】

次に、第10の実施形態に係る通信装置の構成をブロック図として図22に示す。

ここで、デュプレクサには図21に示した送受共用器を用いる。このデュプレクサの送信信号入力ポートには送信回路を、受信信号出力ポートには受信回路をそれぞれ接続している。また、アンテナポートにはアンテナを接続している。このようにして、この発明に係る多重モード誘電体共振器装置を備えた通信装置を構成する。

## 【0055】

## 【発明の効果】

この発明によれば、第1・第2の $TE_{01\delta}$ モードによる2つの結合モードである偶モードと奇モードの周波数に差が生じて、第1・第2の $TE_{01\delta}$ モードが結合し、且つ第1・第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モードによる2つの結合モードである偶モードと奇モードの周波数に差が生じなくて、第1・第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モード同士が結合しない。すなわち第1・第2の $TE_{01\delta}$ モード同士の結合を独立して定められるようになる。

## 【0056】

また、この発明によれば、 $TE$ 結合モードの偶モードと奇モードについて、電束が通る誘電体コア部分の膨出量または陥没量に差をもたせ、且つ該膨出量または陥没量の差による、 $TM$ 結合モードの偶モードと奇モードの周波数変化を打ち消す陥没部または膨出部を前記 $TE$ 結合モードの電束密度が相対的に低い誘電体コア部分に設けたことにより、 $TE$ 結合モードの電束密度の高い位置に設けた誘電体コアの膨出量または陥没量の差によって生じる $TM$ 結合モードの偶モードと奇モードの周波数変化が打ち消されて、第1・第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モード同士の結合が回避できる。

## 【0057】

また、この発明によれば、第1・第2の $TE_{01\delta}$ モードの電束密度分布の中心を $z$ 軸方向にそれぞれずらせることによって、第1・第2の $TM_{01\delta}$ または $TM_{011}$ モードと第1・第2の $TE_{01\delta}$ モードとがそれぞれ結合する。その

際、第1・第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード同士では結合が生じないので、第1のTM01 $\delta$ またはTM011モード → 第1のTE01 $\delta$ モード → 第2のTE01 $\delta$ モード → 第2のTM01 $\delta$ またはTM011モード、が順に結合した4段の共振器として作用する。

#### 【0058】

また、この発明によれば、上記4段の共振器として作用する多重モード誘電体共振器装置と、その4段の共振器のうち初段および終段の共振器にそれぞれ外部結合する外部結合手段とを備えることにより、小型の帯域通過フィルタとして用いることができる。

#### 【0059】

また、この発明によれば、上記誘電体フィルタを2組備えるとともに、それぞれの誘電体フィルタの一方の外部結合手段を共用することにより、例えば一方のフィルタを送信フィルタ、他方のフィルタを受信フィルタ、共用した外部結合手段をアンテナポートとする小型の送受共用器として用いることができる。

#### 【0060】

また、この発明によれば、上記誘電体フィルタまたは複合誘電体フィルタを高周波回路部に備えることによって、所定の高周波回路特性を備えた小型の通信装置を構成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の4つの共振モードの電束および磁束の向きを示す図

【図2】 同多重モード誘電体共振器の各モードの電束の通る向きを示す図

【図3】 誘電体コア1をキャビティ2の内面に当接させた状態での各モードの電束の通る向きを示す図

【図4】 4つの共振モードにおける電束密度の分布例を示す図

【図5】 4つの共振モードの結合順序を示す図

【図6】 キャビティ内における誘電体コアの各層での断面形状を示す図

【図7】 TE結合モードおよびTM結合モードに対するTE結合用膨出部の与える影響を示す図

【図 8】誘電体コア 1 に設ける膨出部 P の膨出量と各モードの共振周波数および結合係数の関係を示す図

【図 9】誘電体コア 1 に設ける膨出部 P の膨出量と陥没部 S の陥没量と各モードの共振周波数および結合係数の関係を示す図

【図 10】誘電体フィルタの構成を示す図

【図 11】第 2 の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図 12】第 3 の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図 13】第 3 の実施形態に係る別の誘電体フィルタの構成を示す図

【図 14】第 4 の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図 15】第 4 の実施形態に係る別の誘電体フィルタの構成を示す図

【図 16】第 5 の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図 17】第 5 の実施形態に係る別の誘電体フィルタの構成を示す図

【図 18】第 6 の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図 19】第 7 の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図 20】第 8 の実施形態に係る誘電体フィルタの構成を示す図

【図 21】第 9 の実施形態に係る複合誘電体フィルタの構成を示す図

【図 22】第 10 の実施形態に係る通信装置の構成を示すブロック図

【符号の説明】

1－誘電体コア

1 x－誘電体コアの x 方向部分

1 y－誘電体コアの y 方向部分

2－キャビティ

3－支持台

4－入出力プローブ

5－同軸コネクタ

L a－上層部

L b－中層部

L b'－下層部

L c－下層部

P m - 誘電体コア突出部

P e - T E 結合用膨出部

P c - T M 結合抑制用膨出部

S e - T E 結合用陥没部

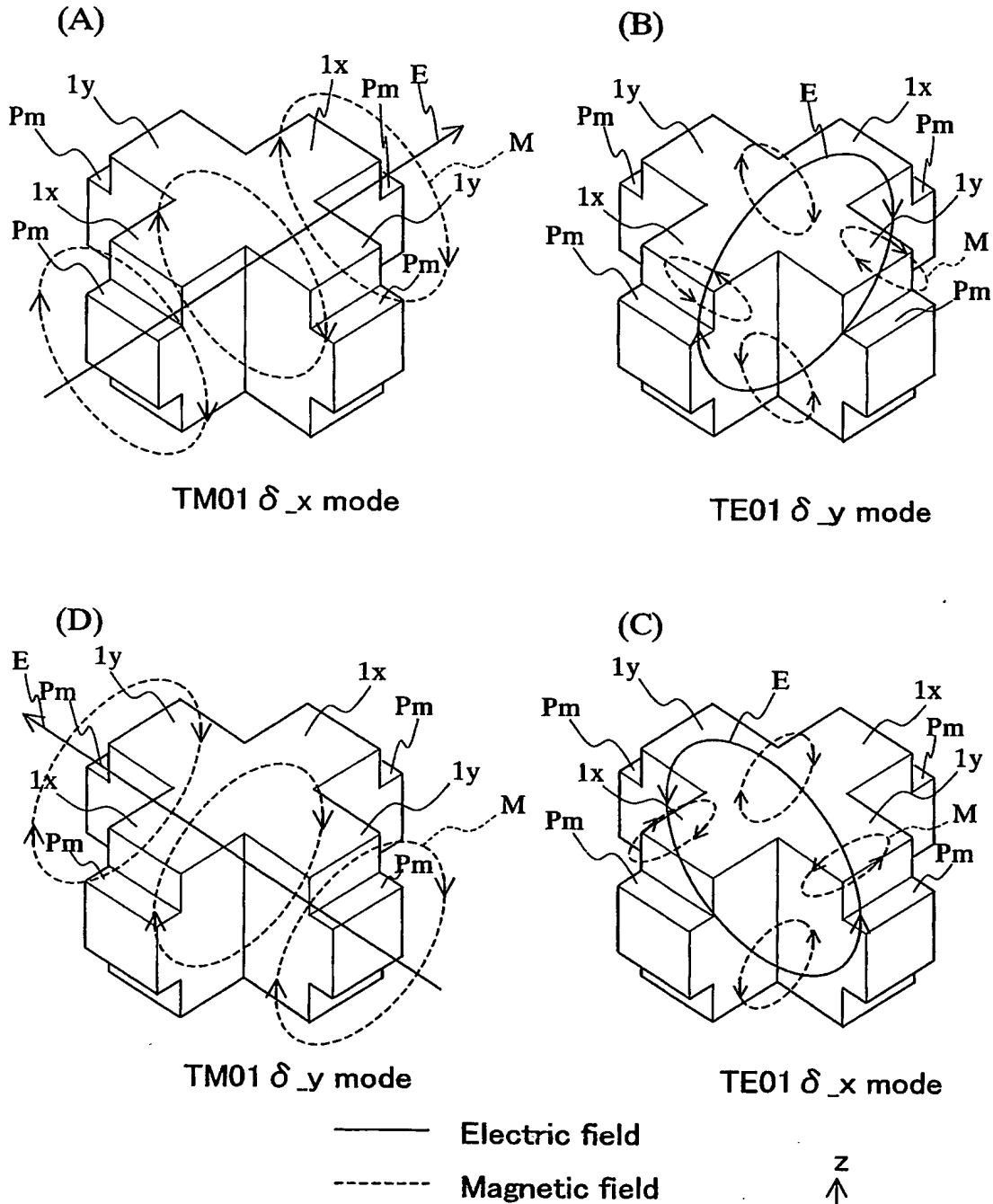
S c - T M 結合抑制用陥没部

H e - T E 結合用穴

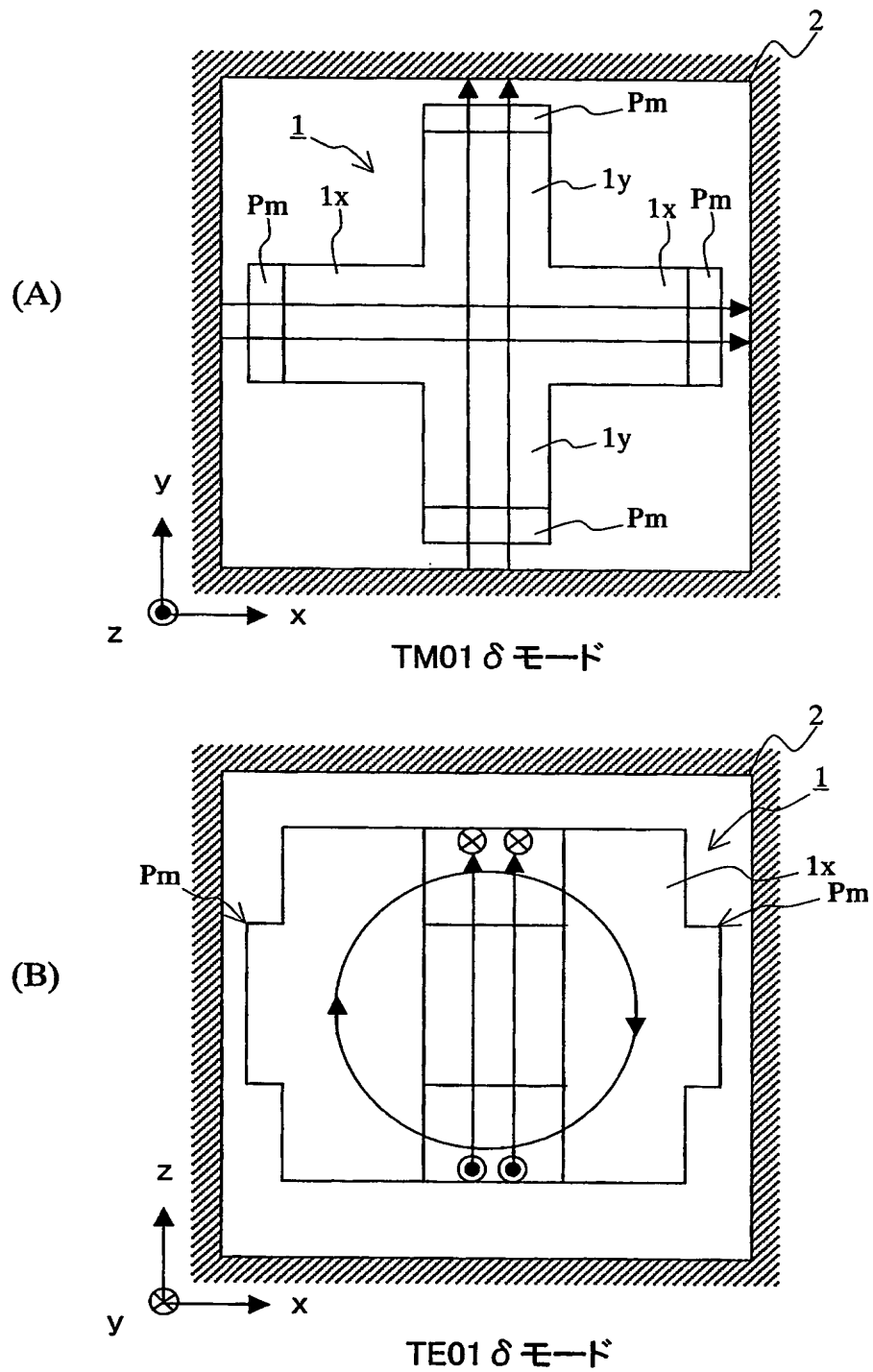
H c - T M 結合抑制用穴

【書類名】 図面

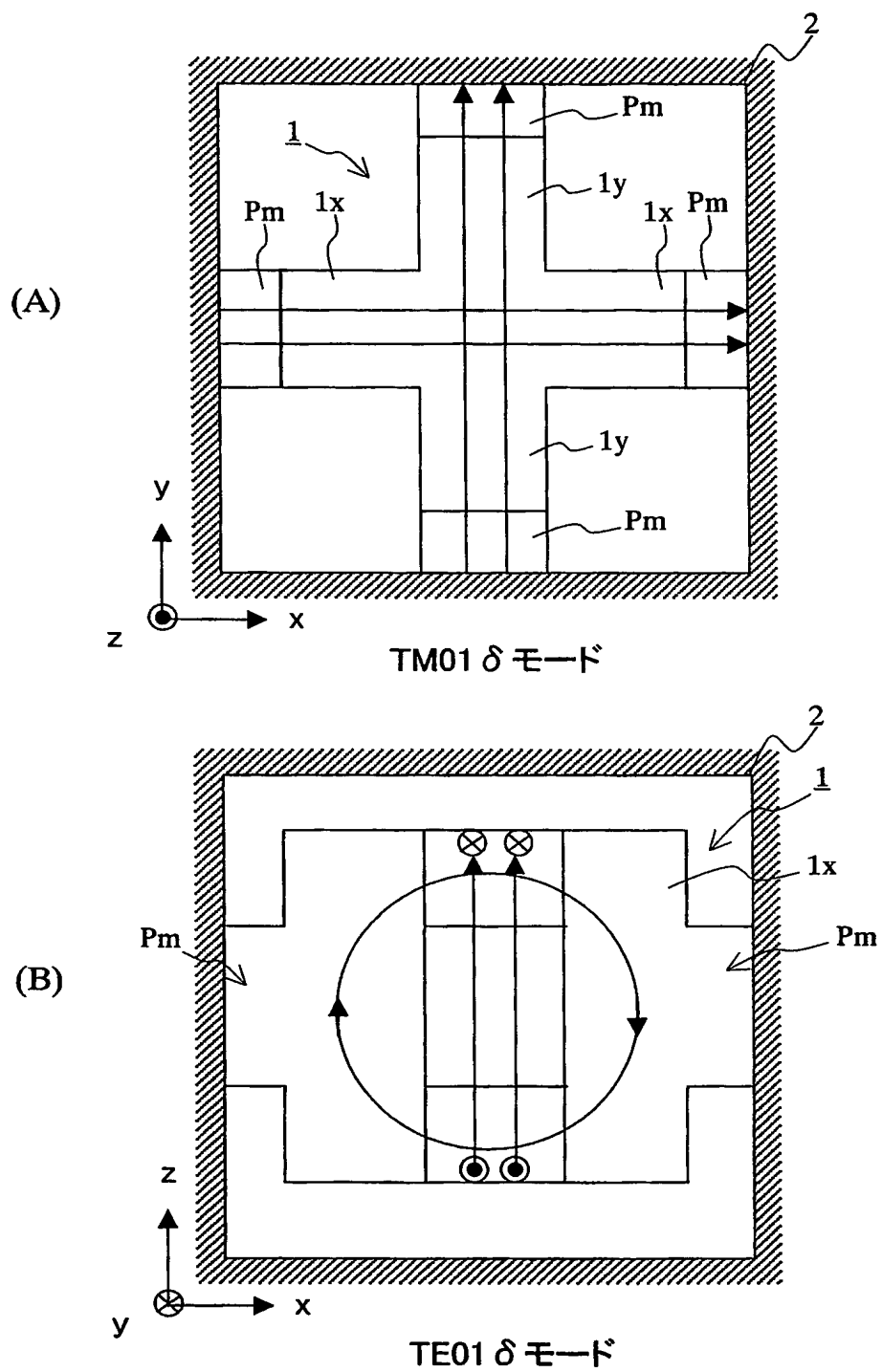
【図 1】



【図 2】

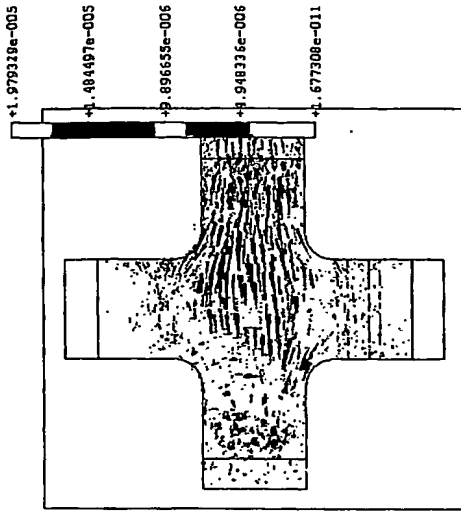


【図 3】

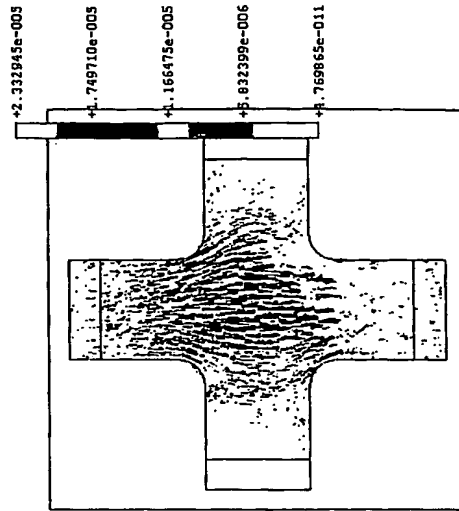




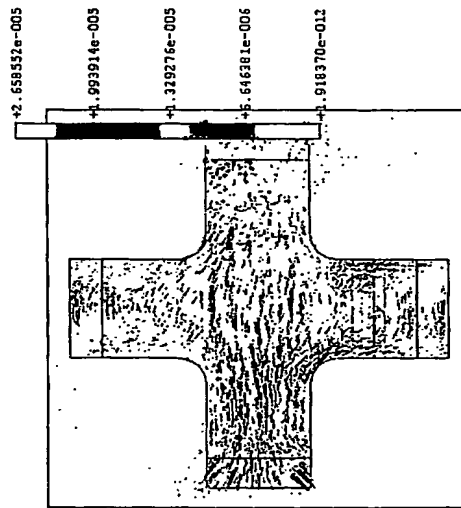
【図4】



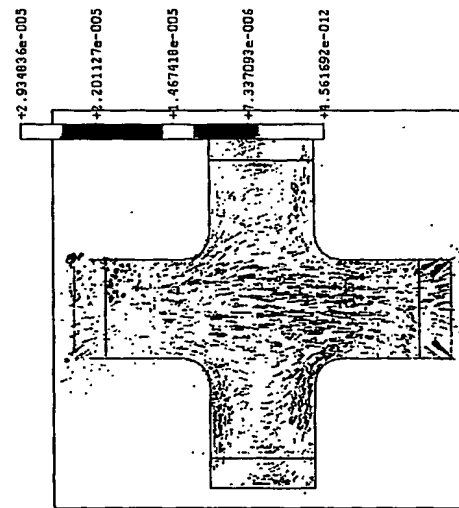
TE01  $\delta_y$ モード



TE01  $\delta_x$ モード

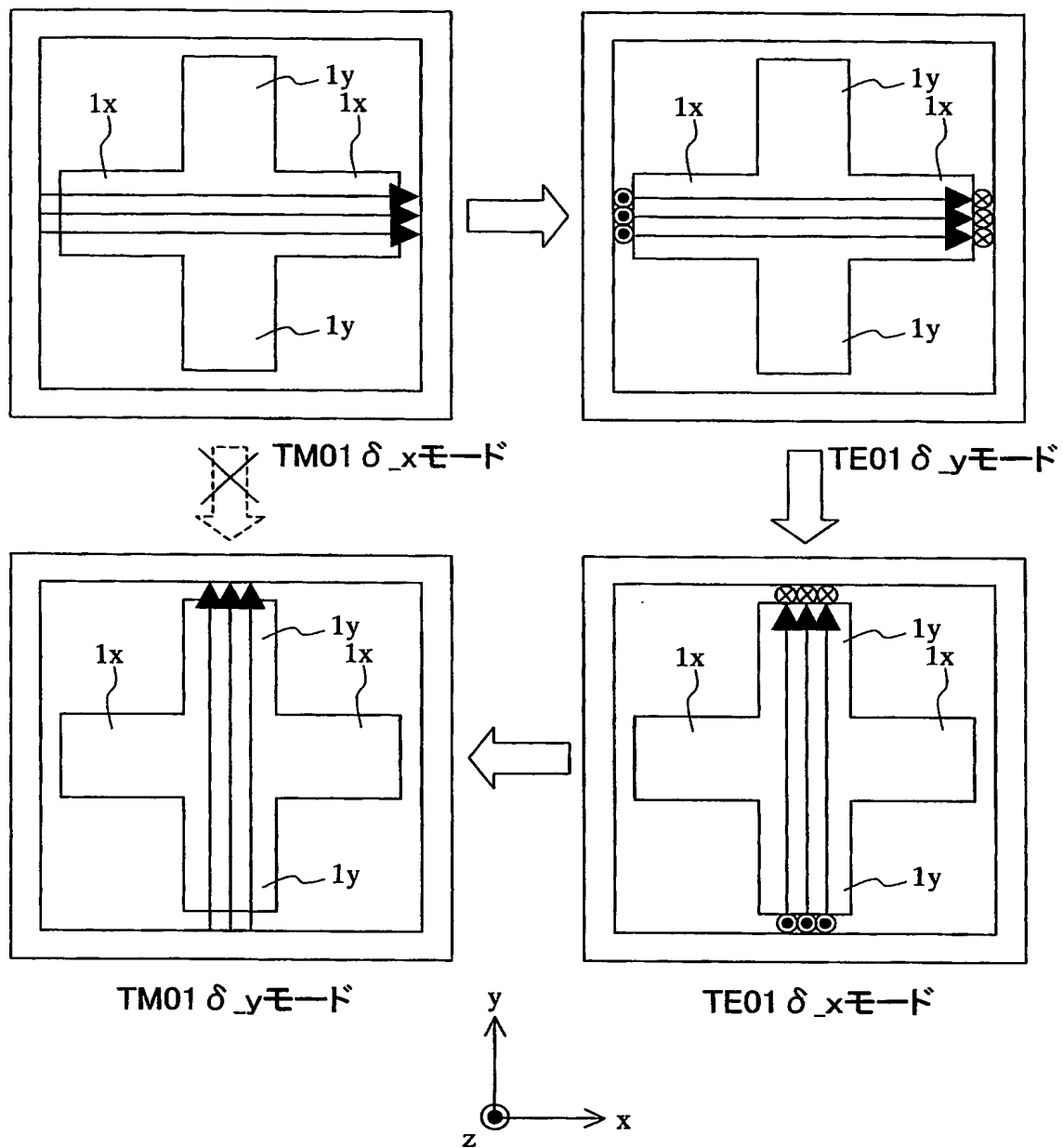


TM01  $\delta_x$ モード

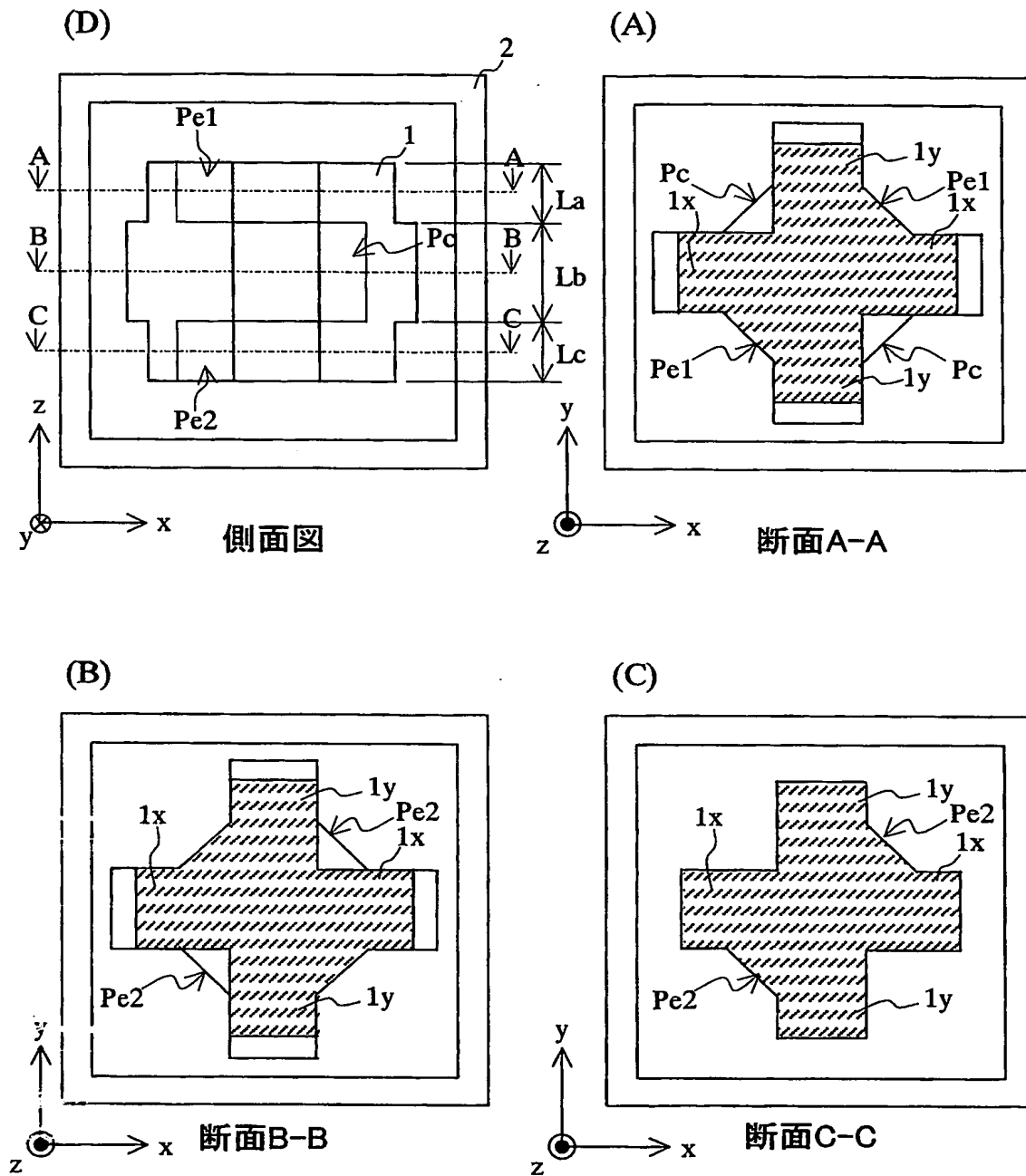


TM01  $\delta_y$ モード

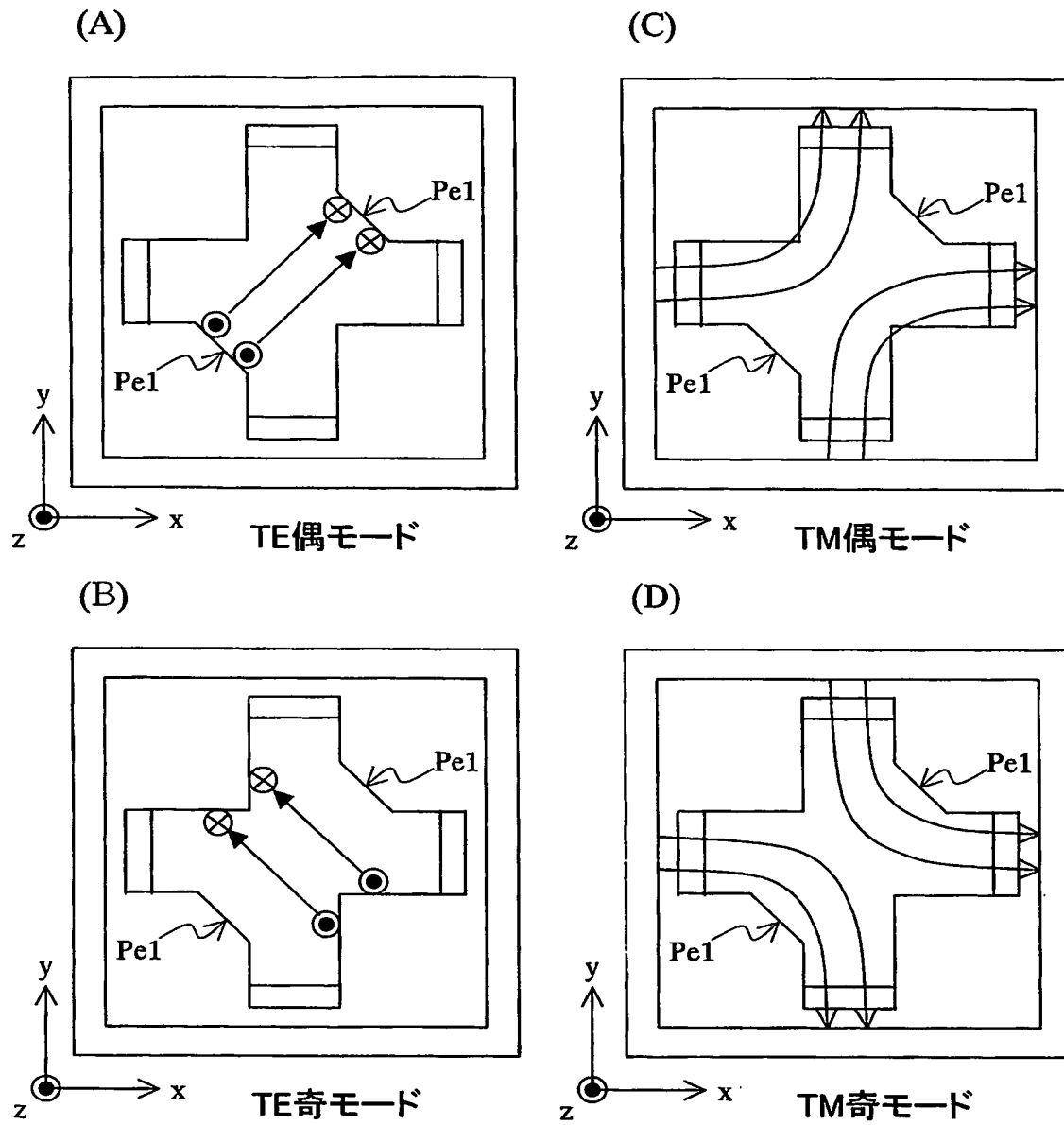
【図 5】



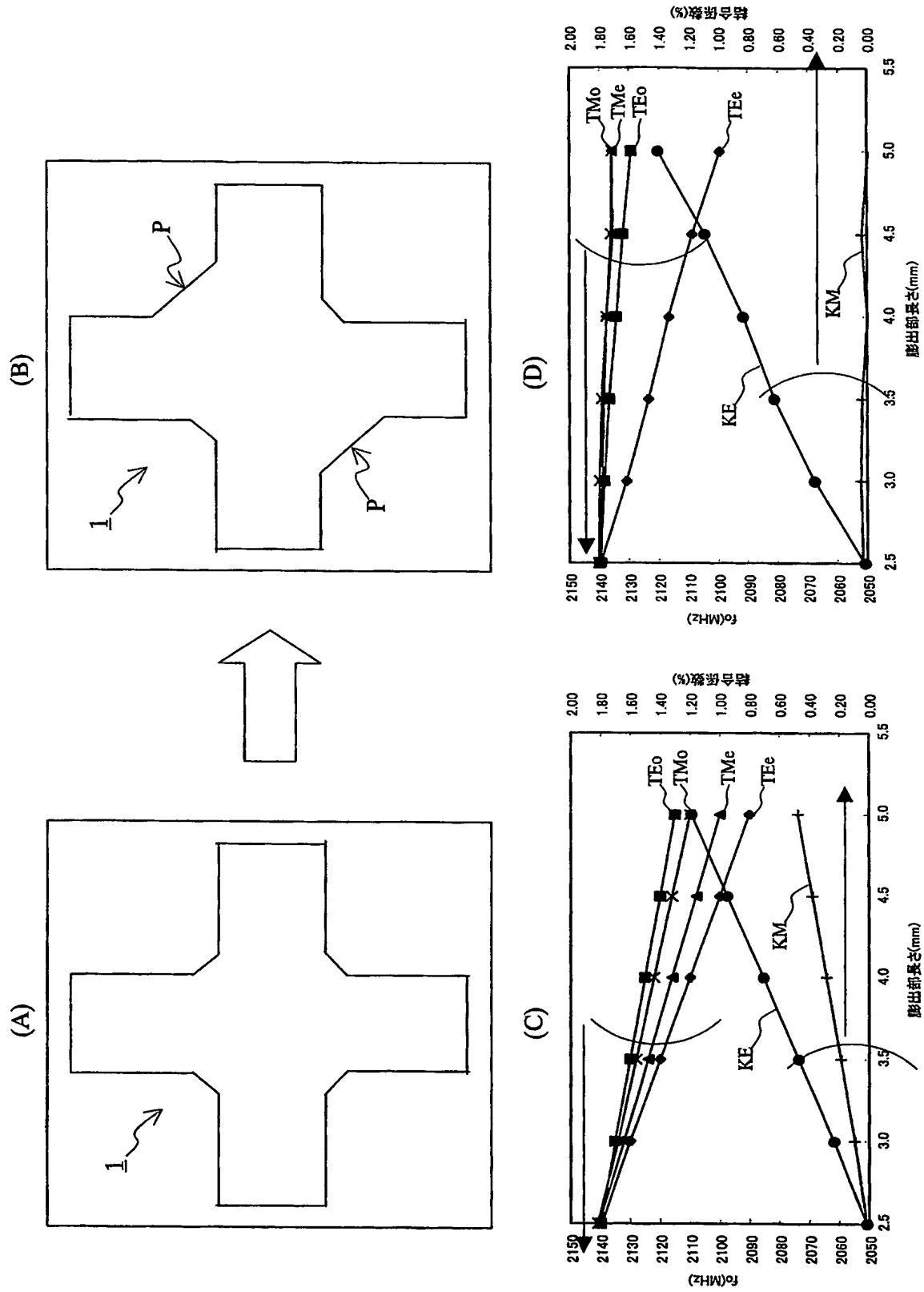
【図6】



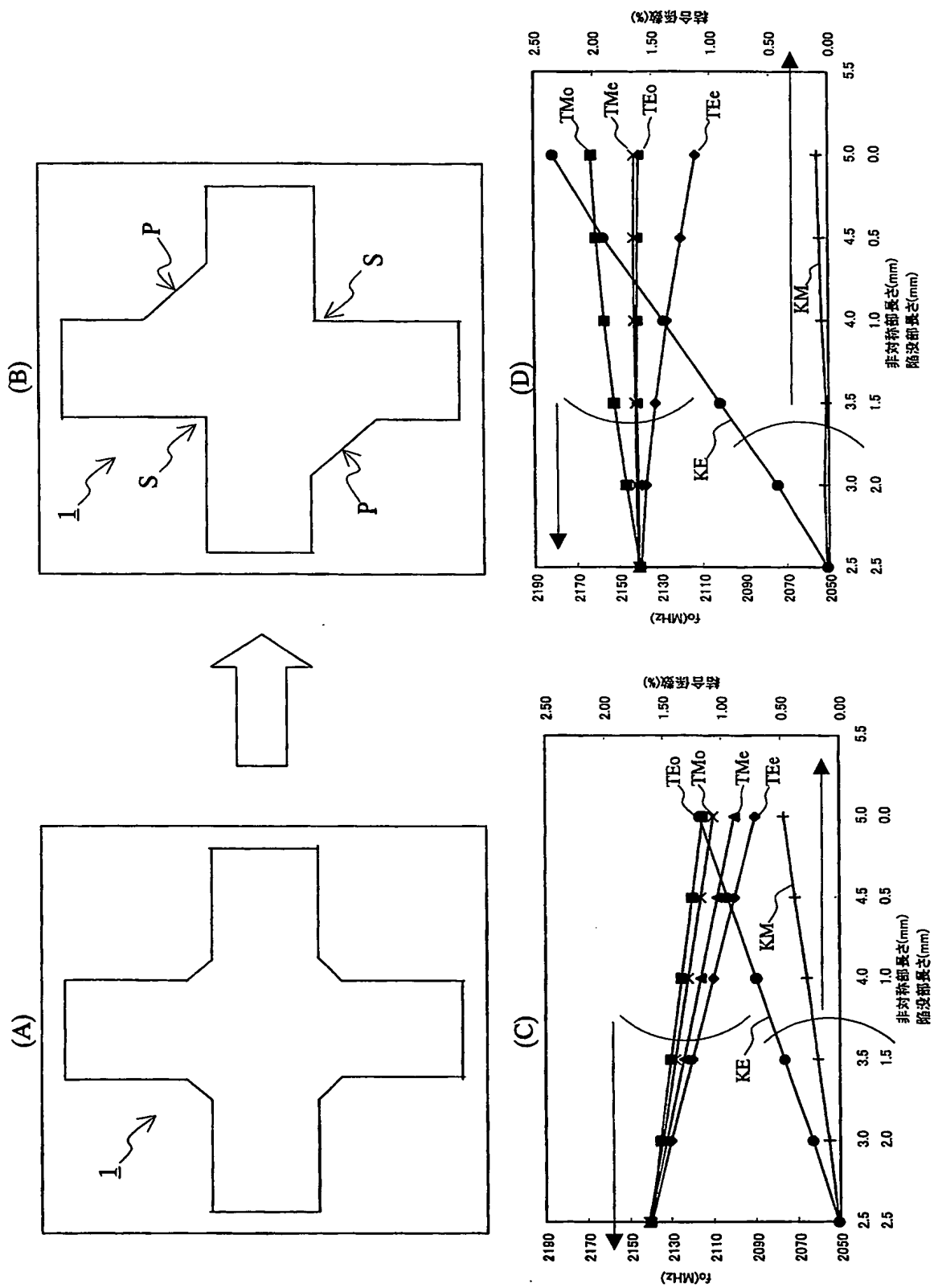
【図7】



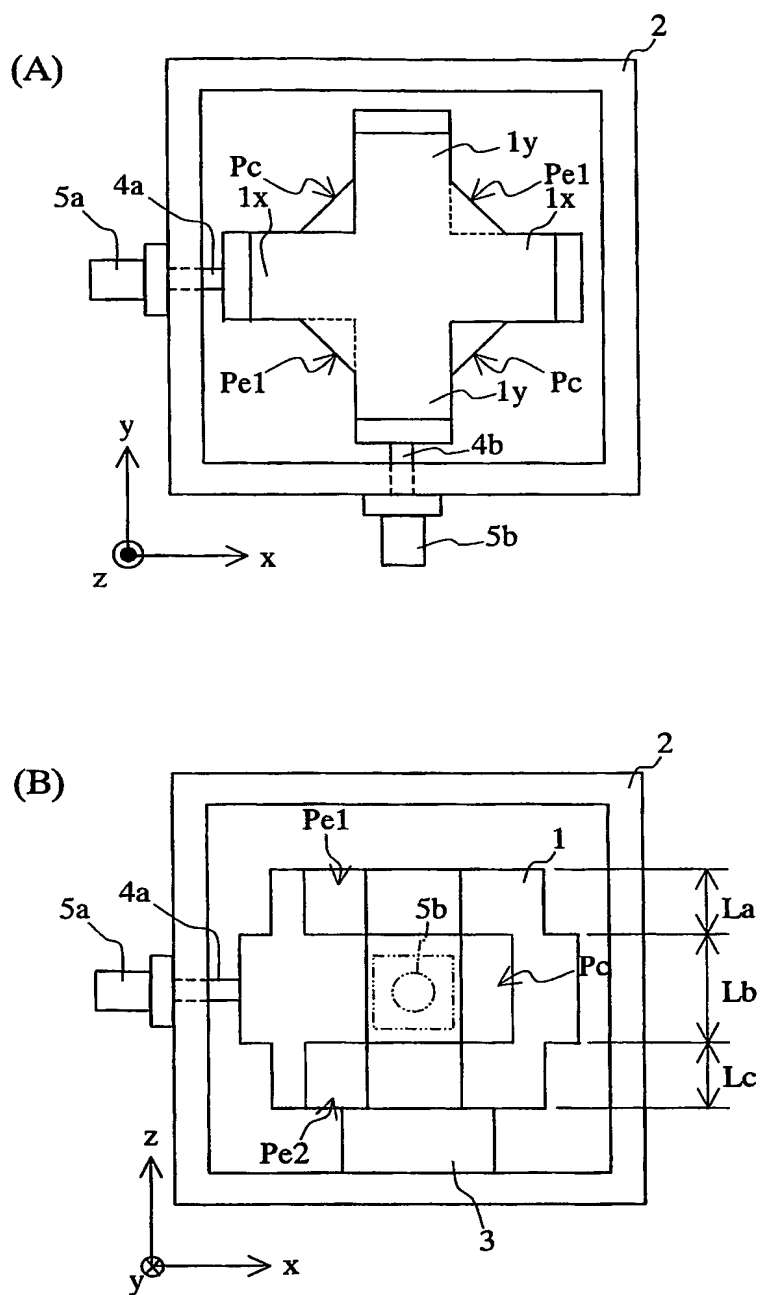
【図 8】



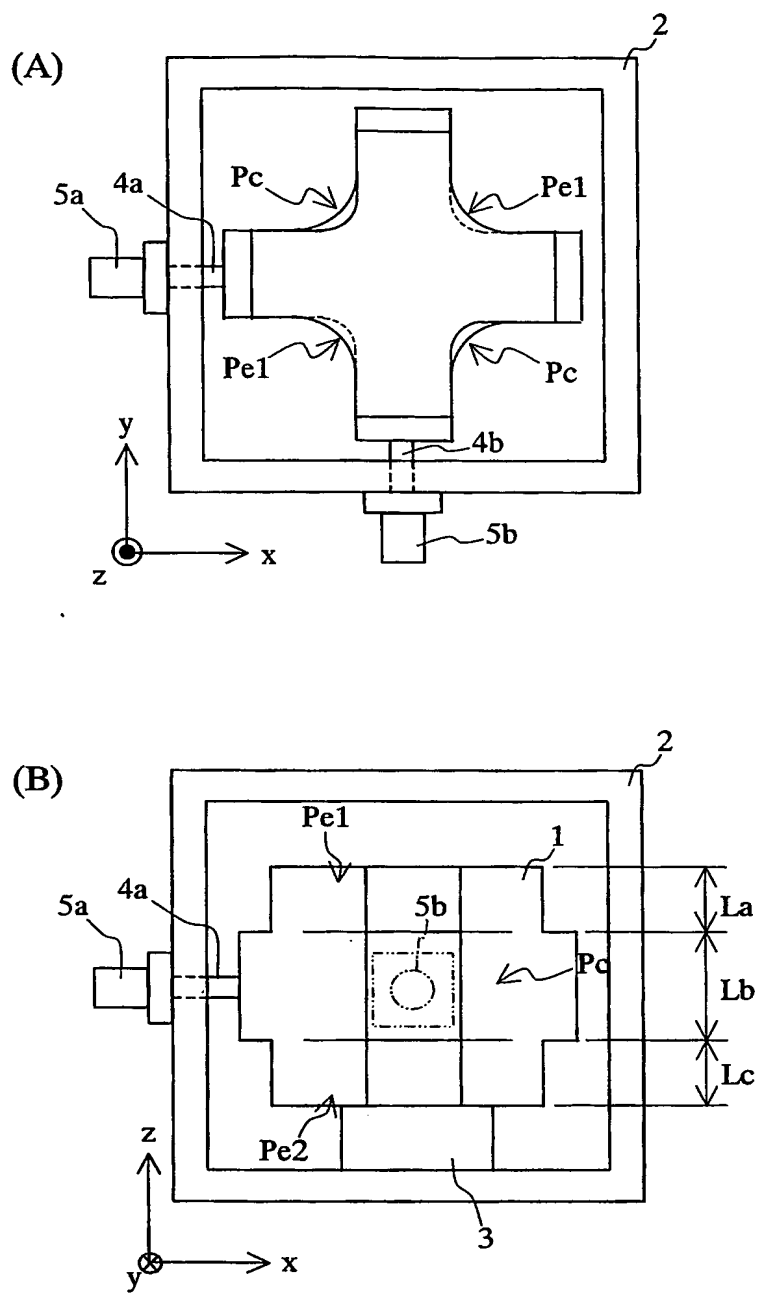
【図 9】



【図 10】

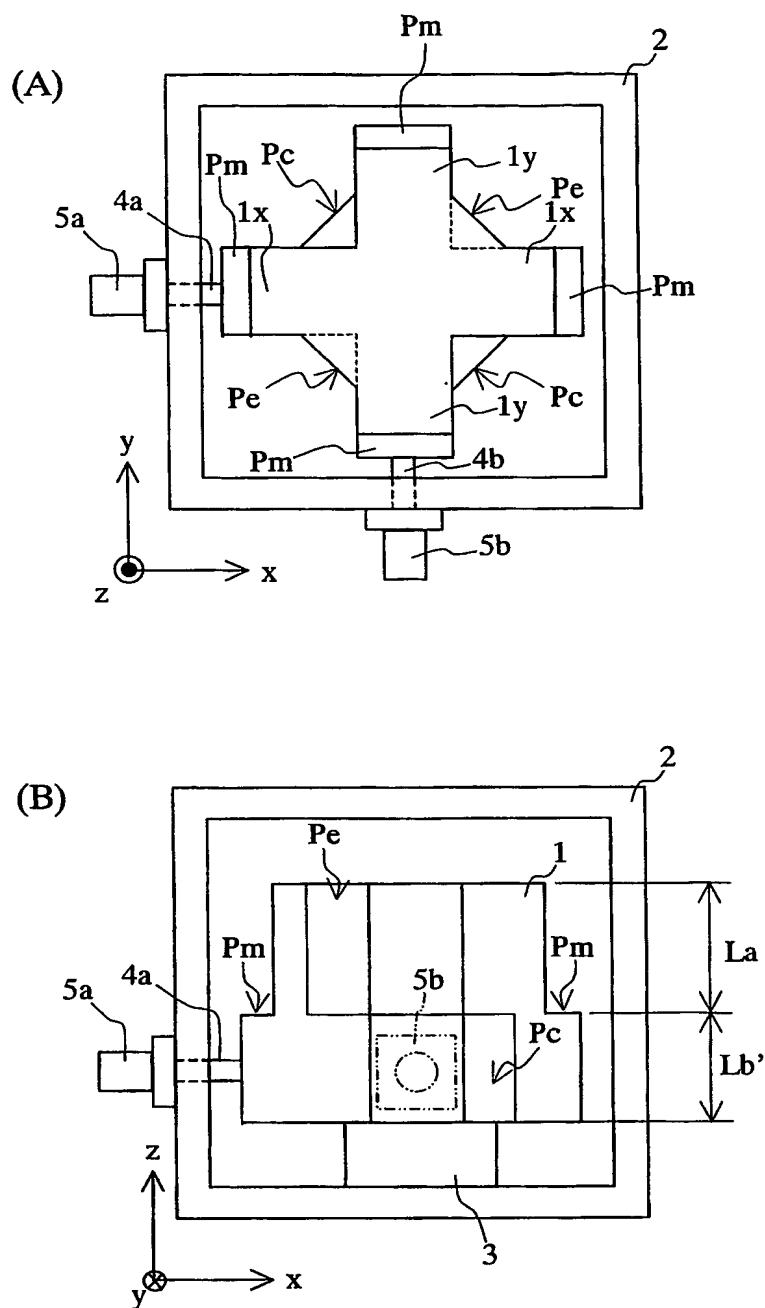


【図 11】

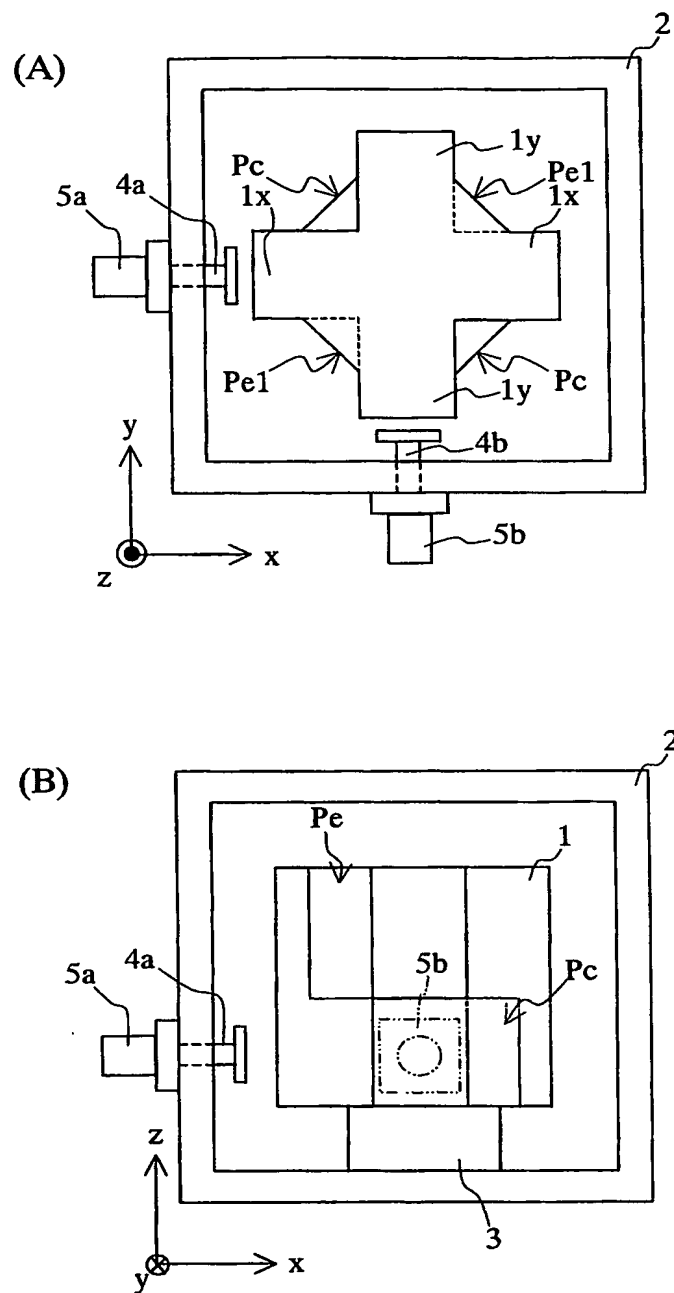




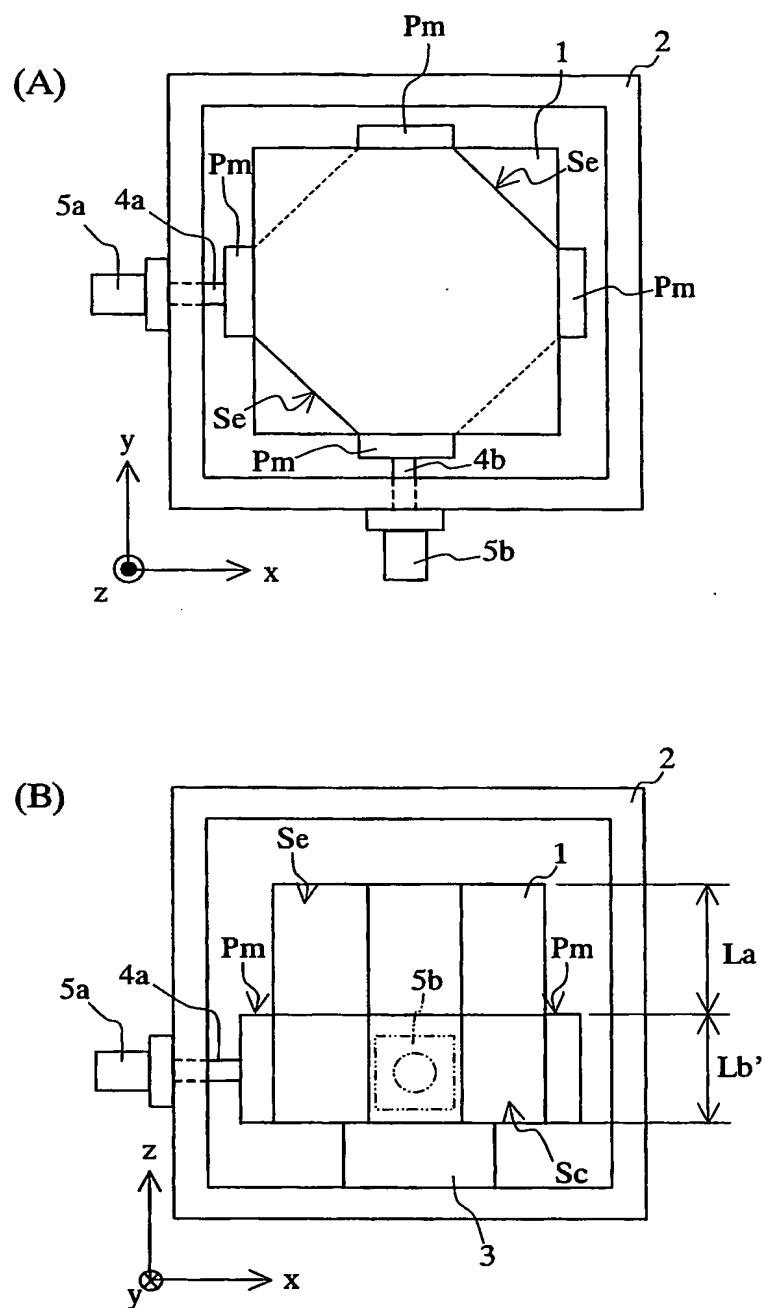
【図 12】



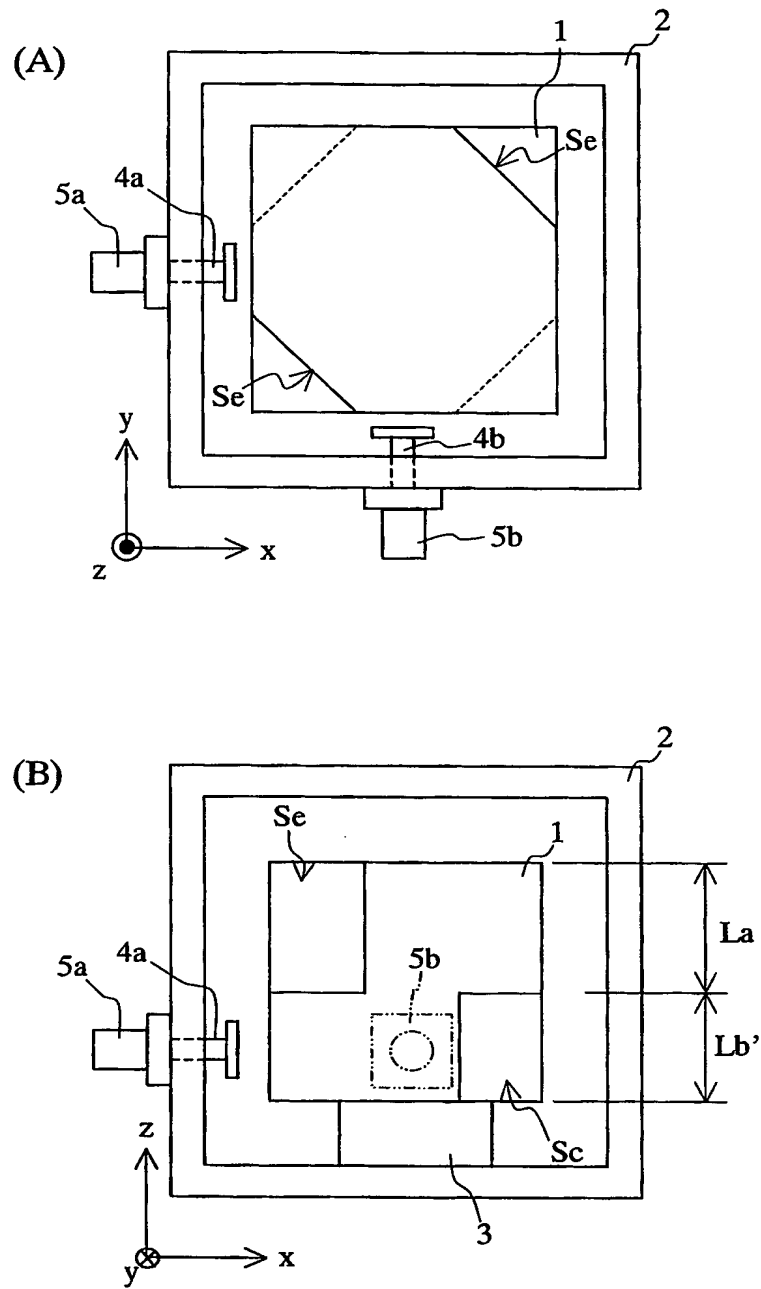
【図 13】



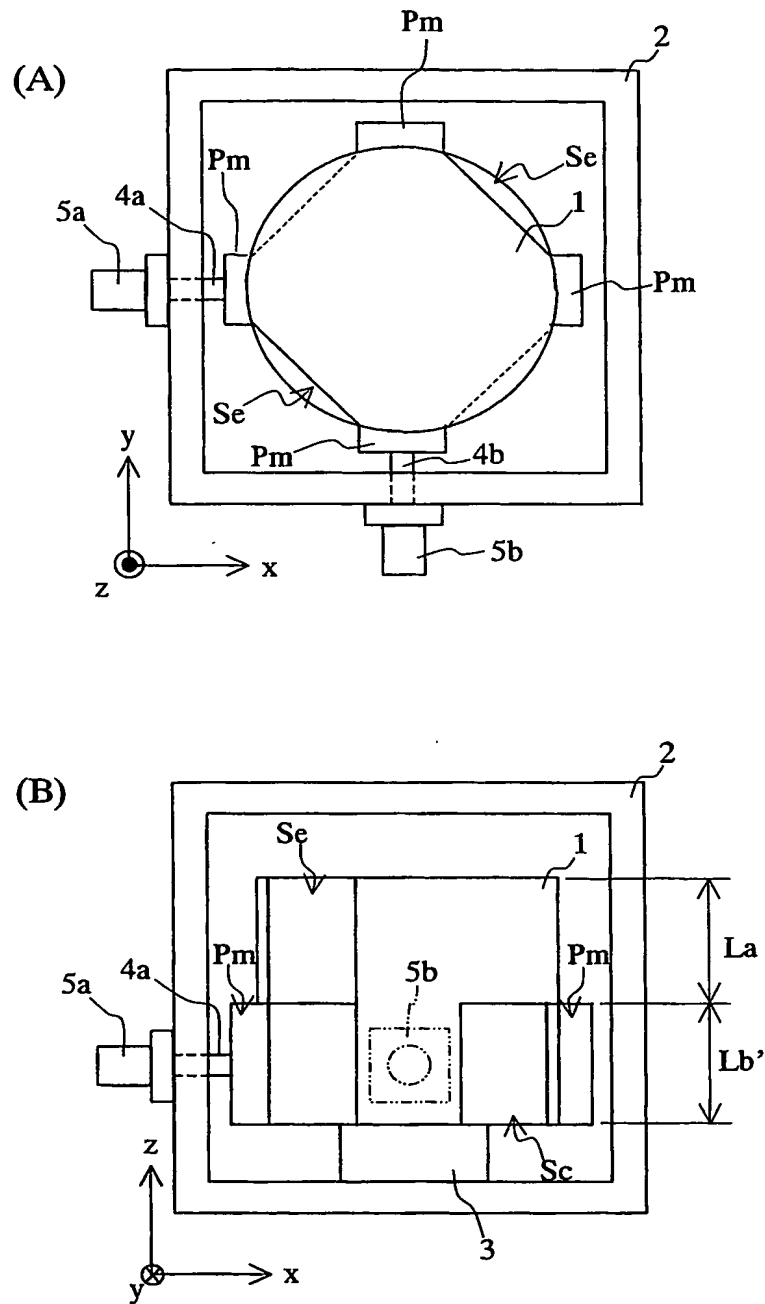
【図 14】



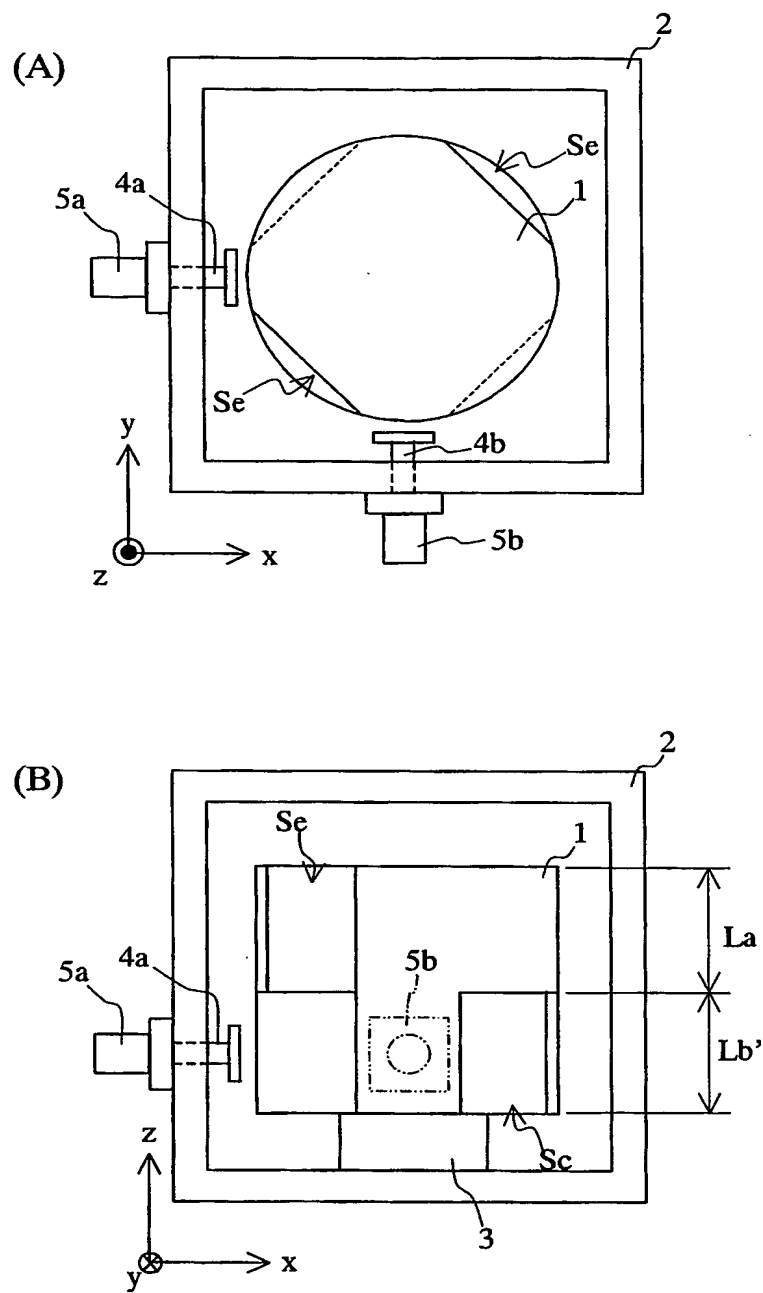
【図 15】



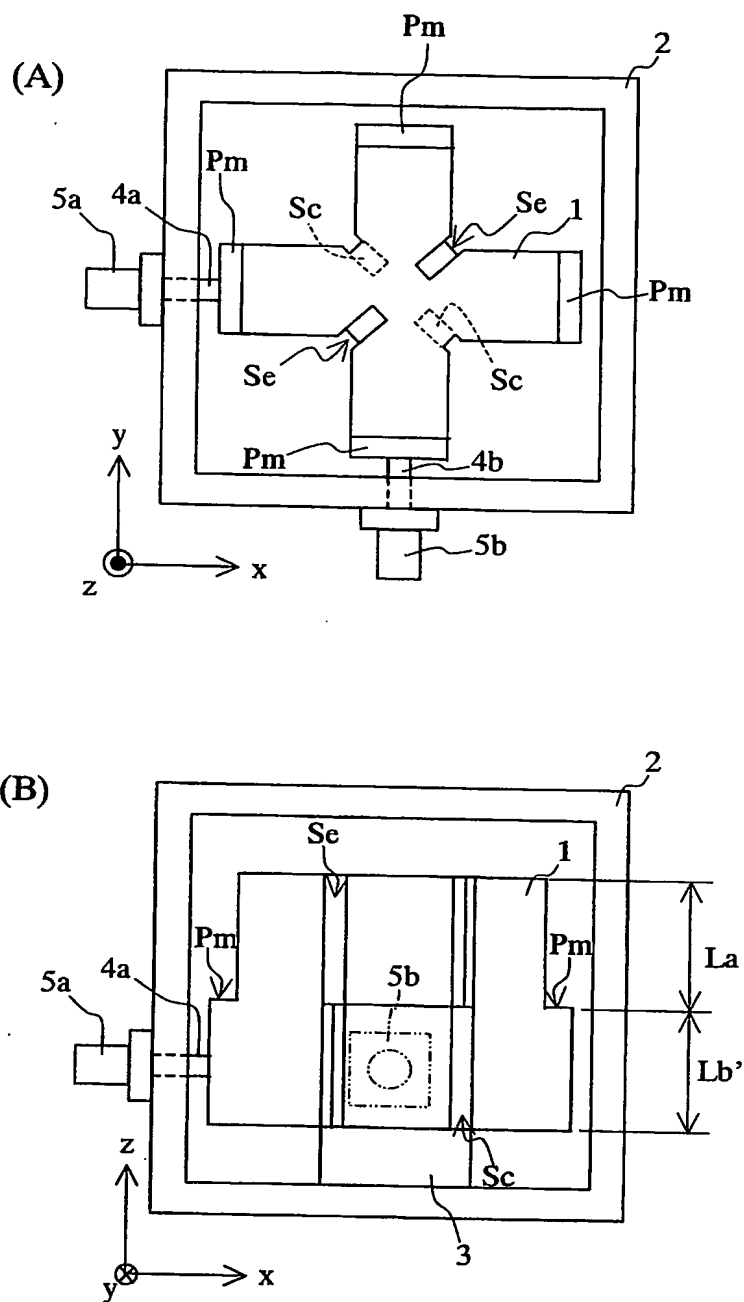
【図 16】



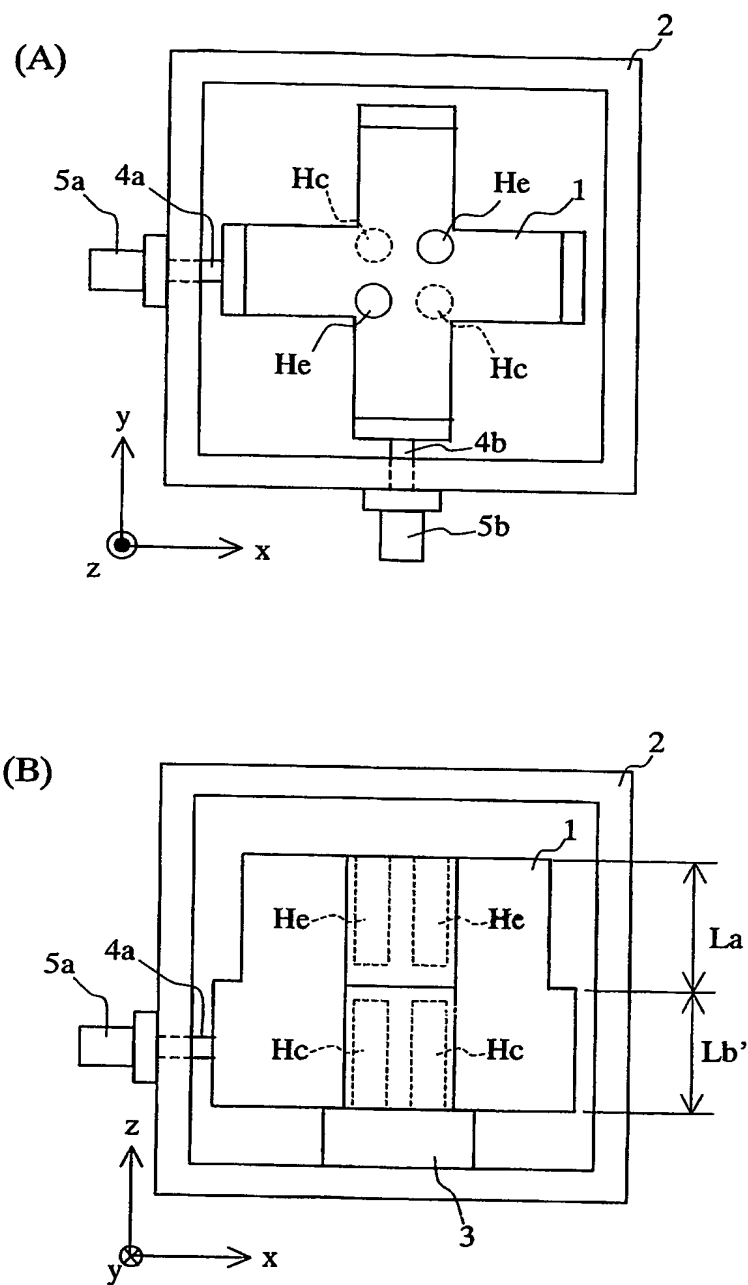
【図 17】



【図 18】

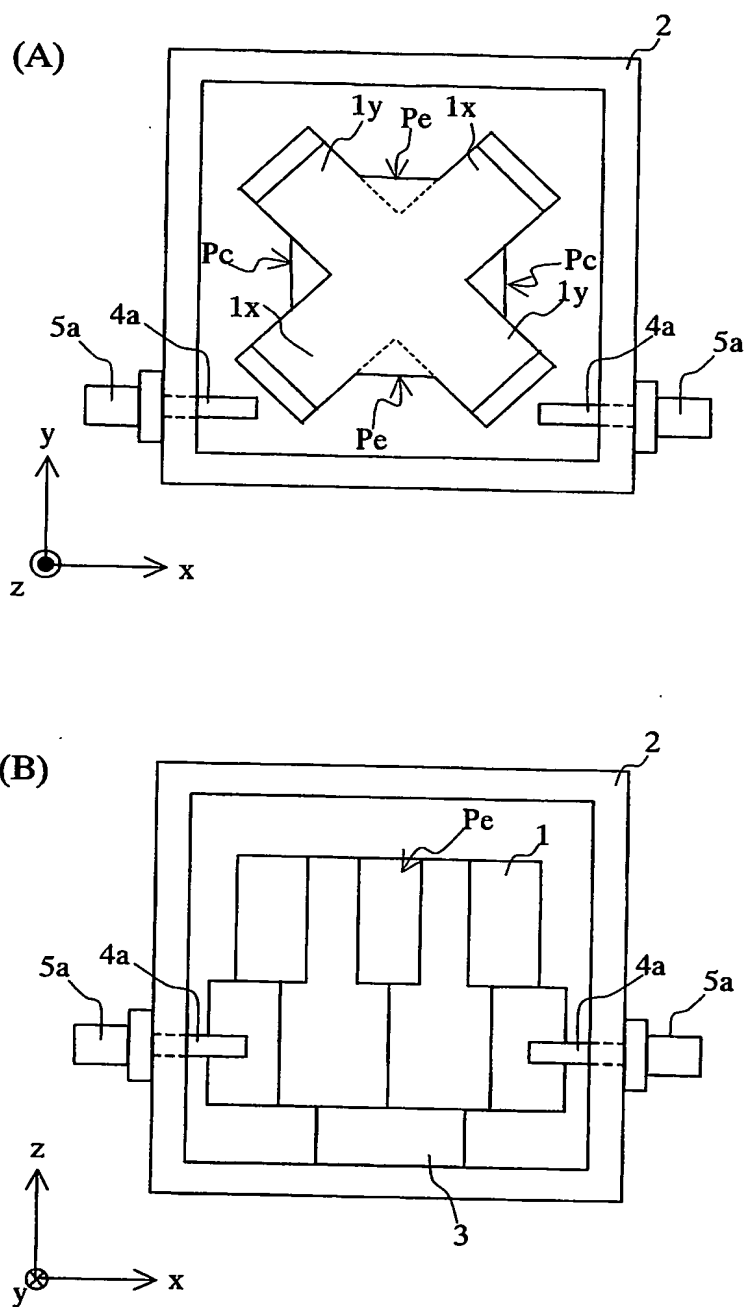


【図 19】

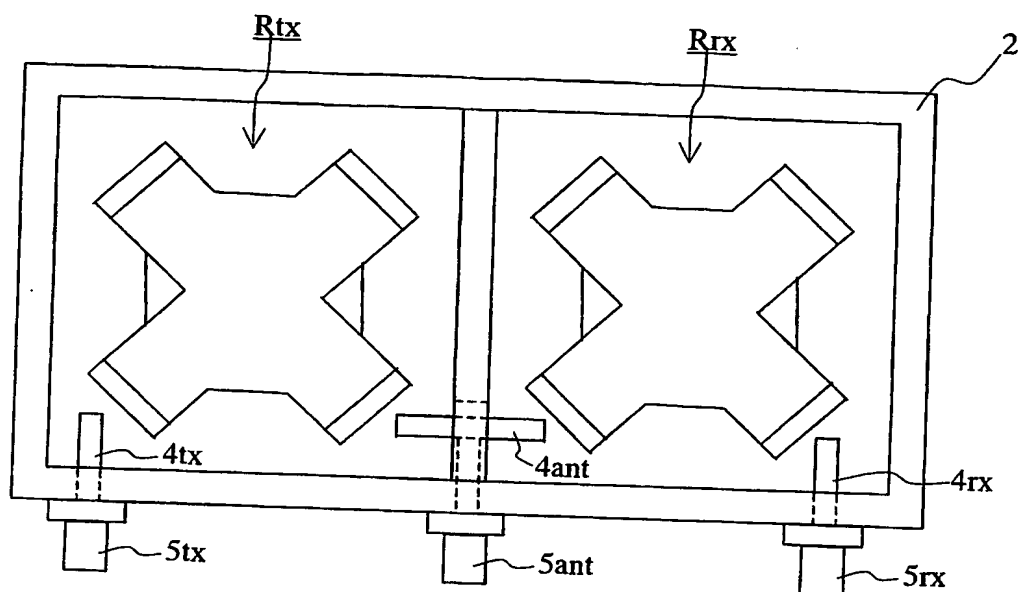




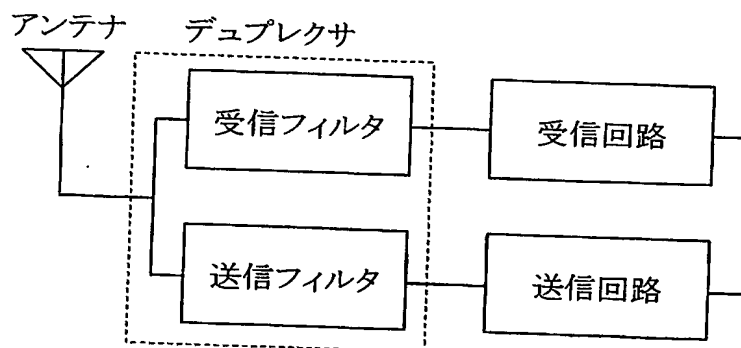
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電界の回る面が直交関係にある2つのTEモード同士を、その同じ直交関係にある向きにそれぞれ電界が向く2つのTMモード間の結合とは独立して結合させる。

【解決手段】  $TM_{01\delta-x}$ モード、 $TM_{01\delta-y}$ モード、 $TE_{01\delta-x}$ モード、 $TE_{01\delta-y}$ モードの4つのモードが生じる多重モード誘電体共振器装置において、誘電体コア1の上層部Laと下層部Lcに膨出部Pe1、Pe2を設けてTE結合モードの偶モードと奇モードの電束が通るそれぞれの部分の実効誘電率に差を持たせる。また誘電体コア1の中層部LbにTM結合モードの偶モードと奇モードの電束が通る部分の実効誘電率が略等しくなるように膨出部Pcを形成する。これにより $TM_{01\delta-x}$ モード- $TM_{01\delta-y}$ モードの結合を抑制しつつ、 $TE_{01\delta-x}$ モード- $TE_{01\delta-y}$ モードの結合を図る。

【選択図】 図6

出願人履歴情報

識別番号

[000006231]

1. 変更年月日  
[変更理由]

1990年 8月28日

新規登録

住所  
氏名

京都府長岡京市天神二丁目26番10号  
株式会社村田製作所